LE

STELLE CADENTI

TRE LETTURE

DI

G. V. SCHIAPARELLI

DIRETTORE DEL REGIO OSSERVATORIO DI BRERA

Con 2 tavole litografiche

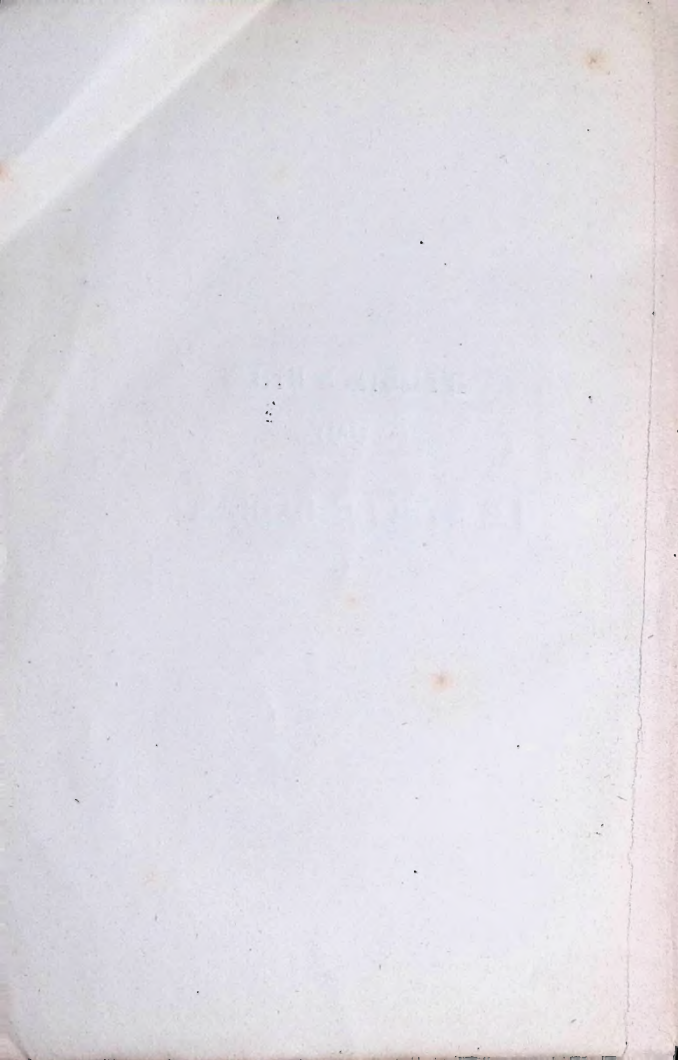
MILANO

TELLI TREVES, EDITORI

1873.

BIBLIOTECA UTILE

(164)

LE STELLE CADENTI.

LE

STELLE CADENTI

TRE LETTURE

DI

G. V. SCHIAPARELLI

DIRETTORE DEL REGIO OSSERVATORIO DI BRERA

Con 2 tavole litografiche

There are more things in heaven and earth, Horatio,
Than are dream'd of in your philosophy.

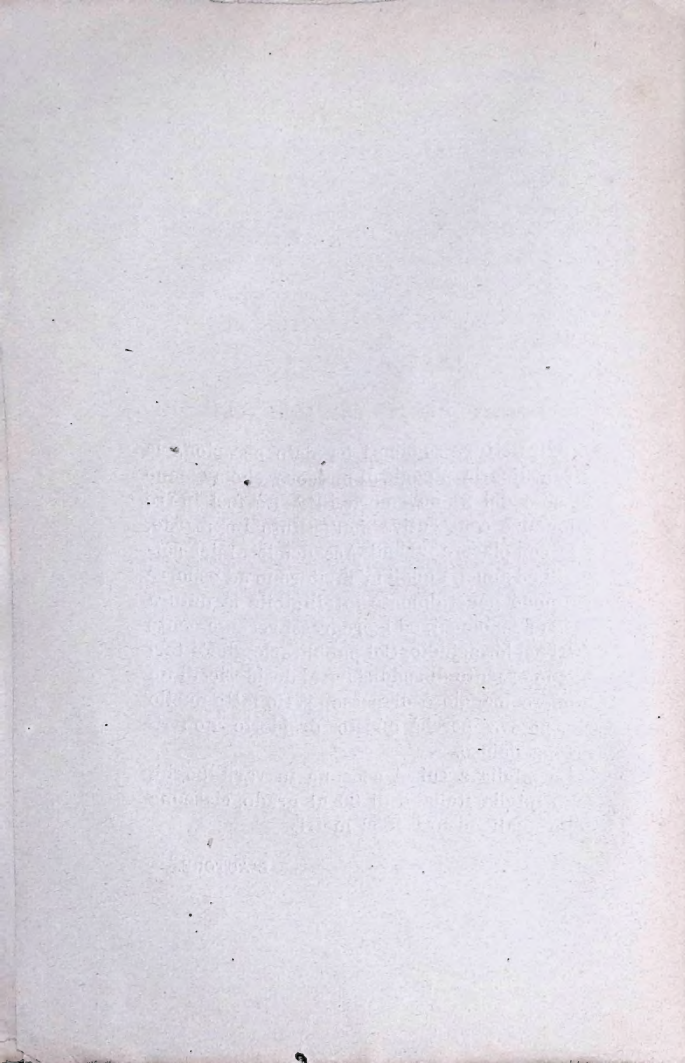
Vi sono in cielo ed in terra più cose, Orazio, che non ne possan sognare i vostri filosofi.

SHAKSPEARE, *Amleto*.

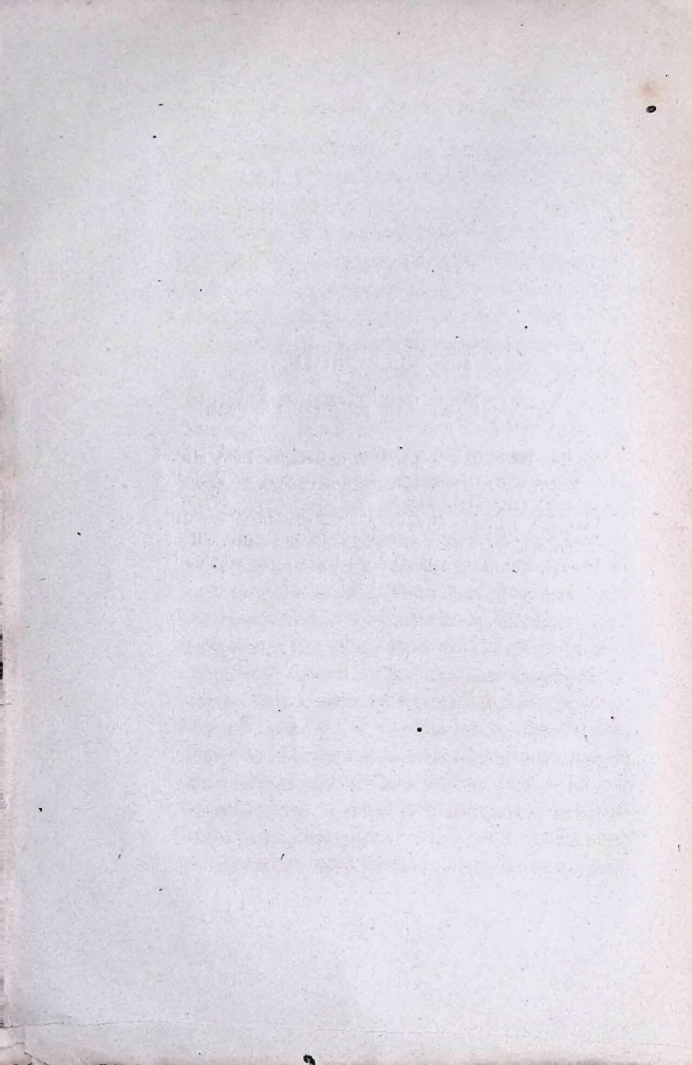
MILANO
FRATELLI TREVES, EDITORI
1873.

Alle letture seguenti ha dato occasione la straordinaria pioggia di meteore, che avvenne la sera del 27 novembre 1872. Le feci in tre adunanze consecutive dell'Istituto Lombardo, per compiacere alcuni Accademici miei colleghi ed amici, i quali m' invitarono ad esporre in modo generalmente intelligibile la natura di que' fenomeni, ed i progressi recentemente fatti nel loro studio. Col pubblicarle gli Editori hanno creduto di soddisfare al desiderio di un numero maggiore di persone. Ho fatto quello che poteva perchè questo desiderio non rimanga deluso.

Le miglia a cui si accenna in varii luoghi, sono miglia italiane di 60 al grado, ciascuna delle quali misura 1852 metri.

L'AUTORE.

LETTURA PRIMA.

Fenomeni principali delle stelle cadenti.

Apparenze generali delle stelle cadenti. — Loro altezza e velocità. — Grandi pioggie meteoriche. — Periodico apparire delle medesime. — Radiazione e sua causa. — Proprietà dei punti di radiazione. — Classificazione delle stelle meteoriche secondo i loro radianti. — Correnti meteoriche traversate dalla Terra nel suo corso annuale intorno al Sole.

Eccomi quest'oggi da voi, o signori, coll'intento di soddisfare alla promessa, da me data nell'antecedente adunanza dell' Istituto, di dare qualche dichiarazione sui recenti progressi che si sono fatti nello studio delle stelle cadenti. Io cercherò di far comprendere la ragione del grande interesse, che negli ultimi tempi la considerazione di questi fenomeni ha destato in tutti quelli che si occupano dei grandi avvenimenti dell'Universo, e di indicare per qual serie di singolari vicende codesti piccolissimi corpi, il cui apparire è poco meno rapido di quello del lampo, sono caduti sotto il dominio dell'Astronomia, cioè di una scienza, che a buon diritto si può chiamare la scienza dell'infinito e dell'eternità. Dirò qual è il significato, che all'ultima grande pioggia meteorica del 27 novembre

passato si deve attribuire, quali previsioni essa ha confermato e quali speranze essa ha destato nei cultori di questo studio.

L'apparire delle stelle cadenti è notissimo. Una fiaccola luminosa appare subitamente in una parte qualunque della sfera stellata, rapidamente corre serbando per lo più una costante direzione, e poi si estingue, talora scoppiando a modo di razzo, più spesso perdendo per gradi la propria luce. Nè questo è fenomeno raro. Considerando con attenzione il cielo per un'ora, quando non splende nè il sole nè la luna, chiunque goda di buona vista potrà sempre vedere alcune stelle cadenti, per lo più dodici o quindici, qualunque sia il luogo della terra, dove l'osservatore si trova. Nelle ore dopo mezzanotte sogliono esse mostrarsi anche un poco più frequentemente, che nelle ore della sera. Le linee splendenti, che talora esse lasciano dietro di sè in forma di nebbia luminosa, non sembrano per lo più legate ad alcuna norma o legge particolare; esse solcano il cielo in tutte le direzioni possibili, e talvolta corrono da una plaga dell'orizzonte alla plaga opposta. Niente si vedeva nel luogo, dove la fulgida meteora è comparsa; niente è rimasto nel luogo dove cessò. Donde è venuta e dove è andata?

Nei tempi, per fortuna quasi intieramente passati, in cui si badava poco ai fatti, ed in cui con

un'abile combinazione di parole si credeva di render ragione di qualsiasi più arduo problema, furono fatte eruditissime e vanissime discussioni sulla natura delle stelle cadenti. Soltanto nel 1798 due studenti di Gottinga, Brandes e Benzenberg, giunsero a comprendere, che per sapere alcuna cosa intorno ad esse era necessario prima farsi un'idea esatta del luogo dov'esse appajono. A nessuno fino allora si era presentata l'idea, pur così semplice e naturale, di applicare alla misura della loro altezza e della loro distanza quelle medesime regole di geometria elementare, delle quali fa uso qualunque topografo per determinare la distanza di una torre o l'altezza di una montagna. Dalle loro misure, e da quelle, che dopo di loro con egual modo furono instituite, si dedusse che le stelle cadenti non sono visibili negli spazi planetari, che esse non arrivano all'altezza della luna, anzi neppure alla millesima parte di questa altezza; le stelle cadenti si accendono nelle regioni più elevate della nostra atmosfera, ad altezze che di rado oltrepassano 100 o 120 miglia italiane, e raramente discendono più basso che 40 o 50 miglia: onde tutta la loro carriera luminosa si compie in una regione dove l'aria è estremamente rarefatta, anzi dove, secondo certe opinioni ora antiquate, non vi avrebbe dovuto più essere aria.

Con operazioni della stessa natura si giunse pure ad avere un'idea del grado di velocità, con cui esse solcano l'atmosfera: infatti quando sia conosciuta in miglia la lunghezza della linea compresa fra il punto dell'apparizione e il punto dell'estinzione, non rimane che stimare in secondi o in frazioni di minuto secondo la durata della corsa, per poter assegnare quante miglia avrebbe fatto in un secondo o in un minuto. Ora tale è la rapidità con cui tutto il fenomeno compie la sua fase, che la stima della sua durata non si è mai potuto fare con molta esattezza; tuttavia attraverso a tutte le incertezze un fatto dominante si è reso manifesto ed indubitabile: che cioè la velocità delle meteore luminose è la più grande, di cui si abbia esempio nei corpi materiali terrestri. Noi sappiamo presentemente, per mezzo della teoria, che essa varia da 16,000 a 72,000 metri per minuto secondo; e si avrà un'idea della enorme rapidità con cui si movono quelle stelle, richiamando alla mente, che il suono non percorre più di 333 metri per minuto secondo, mentre le palle d'artiglieria soltanto raramente passano i 500 o i 600 metri. Vi sono dunque meteore, che si muovono 200 volte più rapidamente che il suono, e 100 volte più rapidamente che le palle d'artiglieria.

Dalle medesime investigazioni s'imparò, che le

stelle cadenti *cadono* veramente, cioè piovono dall'alto al basso: non essendosi mai incontrato alcun caso ben certo, in cui una meteora sia stata vista ascendere dal basso all'alto. Ecco una notabile proprietà, la quale impedisce di supporre, come altre volte si faceva, che le stelle cadenti siano emanazioni terrestri, le quali si accendono arrivando alle regioni superiori dell'aria, là dove i nostri antichi collocavano *la sfera del fuoco.* Impariamo anzi da questo, che la materia delle meteore o viene a noi dai vacui dello spazio planetario, o almeno che dagli strati più sublimi dell'atmosfera discende più basso con subitaneo passaggio.

Considerando poi il grado di splendore, i colori, la natura talora scintillante, talora fumosa del nucleo, la striscia ora impercettibile, ora lunghissima che lasciano dietro di sè, la quale qui dura brevissimo tempo, e là dura spesso molti minuti, si venne a comprendere, come i corpi, che danno origine a queste misteriose apparenze, debbono esser di natura molto varia, e comportarsi molto diversamente nella loro rapida conflagrazione. Ciò che fu confermato anche dalla considerazione dei loro spettri luminosi. Finalmente le trajettorie curvilinee, talora serpeggianti, descritte da alcune meteore, fecero con molto fondamento giudicare,

che il nucleo o il substrato di tutte queste apparizioni sia un corpo solido; e che la deviazione dal corso rettilineo sia prodotta dalla resistenza dell'atmosfera, a quel modo, che colla resistenza medesima si spiegano le bizzarre deviazioni ed inflessioni dalle curve, che nell'aria descrivono le palle conoidiche dell'artiglieria rigata. Fu congetturato altresì con molto plausibile concetto, che questi corpi meteorici col loro rapido muoversi nell'atmosfera resistente sviluppino il calore necessario alla loro conflagrazione, e la luce, spesso molto viva, che a noi li rende visibili anche ad altezze che superano cento miglia. Comparando questa uce con quella che danno i corpi combustibili più spesso impiegati nell'illuminazione nostra artificiale, e facendo certe supposizioni sopra il rapporto del calore sviluppato nel loro movimento, e della luce che accompagna questo calore, si pervenne altresì ad acquistare un'idea della massa delle stelle cadenti, la quale soltanto in casi comparativamente rari sembra dover passare il peso di alcuni grammi, e per lo più si può stimare equivalente ad una frazione di gramma.

Tali sono i risultati principali, che era possibile dedurre dallo studio diretto delle stelle cadenti considerate una ad una come corpi fra loro indipendenti, e non legati da alcuna reciproca re-

lazione. Si vede che essi non arrivano neppure a risolvere la questione, se le stelle cadenti siano d'origine cosmica, oppure se si formino subitamente nelle alte regioni sia per deflagrazione d'idrogeno, come da principio credeva il Volta, sia per concrezione istantanea di vapori terrestri e specialmente di vapori vulcanici, come con molto apparato di erudizione fu sostenuto da altri. Fortunatamente la Natura medesima ha voluto guidare i passi degli investigatori verso altri risultamenti ben più importanti e ben più fecondi, offrendo alla loro considerazione fenomeni grandiosi, in cui le stelle cadenti si offrono aggruppate a sistemi, in modo da dimostrare evidenti relazioni non soltanto fra loro, ma anche con un'altra classe notissima ed interessantissima di corpi celesti, cioè colle comete.

La prima cosa degna di nota, che fu osservata nell'andamento complessivo di questi fenomeni, è la frequenza eccezionale, con cui le meteore si mostrano di tempo in tempo. Nelle notti ordinarie è raro che un osservatore ben attento possa numerare in media più che 15 a 20 meteore ogni ora. Ma di quando in quando avvengono le così dette *piogge meteoriche*, durante le quali le stelle cadenti si succedono con tale frequenza da destare anche l'attenzione del volgo: e l'abbondanza è

qualche volta tale, da render affatto impossibile il contarne il numero. Di tali rare occorrenze due si presentarono a nostra memoria nell'intervallo di soli sei anni; una delle quali fu addì 14 novembre 1866; l'altra del 27 novembre 1872 è fatto recente, che diede appunto occasione alla presente lettura. Nell'uno e nell'altro caso le stelle cadenti apparvero a due e tre e quattro per ogni minuto secondo, e la sera del 27 novembre 1872 vi fu tal luogo, dove quattro osservatori numerarono più di diecimila stelle in un'ora, senza contare quelle cui non si pose attenzione. Per trovare apparizioni di stelle cadenti comparabili a quelle due è necessario rimontare al 1833 e al 1799.

Grandiose piogge meteoriche si trovano ricordate nelle storie antiche e nelle cronache del medio evo. Gli annali chinesi offrono la raccolta più completa e più esatta di osservazioni di questo genere, la quale comincia coll'anno 687 prima dell'êra volgare, e si continua anche oggidì dagli astronomi della corte di Pekino. Nella grande storia della China, che Ma-tuan-lin compose nel secolo XIII sopra documenti ufficiali, i due libri 291° e 292° sono intieramente consecrati alla narrazione di piogge meteoriche, di bolidi, e di cadute di meteoriti. Essi furono tradotti e pubblicati nel 1846 da Edoardo Biot, colla continuazione fino

al 1647 estratta dagli annali speciali delle dinastie Sung, Yuen e Ming. Per l'intervallo che corre dal 1647, cioè dall'elevazione della dinastia dei Manciù, fino al presente, i documenti non sono ancora accessibili, perchè nella China un uso antichissimo vieta di pubblicare gli Annali di una dinastia prima che essa sia estinta o decaduta dal trono.

In confronto di questa ricchezza di fatti intieramente autentici e datati colla massima precisione, assai povera è la raccolta che ci offre l'antichità classica dell'occidente. Nelle frequenti narrazioni di prodigi che si trovano sparse per l'istoria di Livio, e nella raccolta di Giulio Obsequente, appena una volta o due si può congetturare che si tratti di pioggia di stelle cadenti, mentre non sono rare le menzioni di aeroliti. Presso i Greci le notizie di grandi piogge meteoriche non cominciano che cogli storici bizantini. Molto maggior attenzione invece prestarono a questi avvenimenti gli scrittori del medio evo, così gli Arabi, come i cristiani d'occidente; la revisione di tutte le storie e di tutte le cronache di quel tempo diede origine a copiosi cataloghi di apparizioni meteoriche, nel qual lavoro si occuparono specialmente Chladni, Hoff, Kaemtz, Fraehn, Perrey, Herrick, Quetelet, Boguslawski. L'interesse che si

connetteva a queste apparizioni era grande, poichè, secondo la tradizione degli oracoli sibillini, conservata nel cristianesimo, la caduta delle stelle dal cielo dovea precedere la fine del mondo. Nell'inverno dal 762 al 763, l'anno ventesimo terzo del regno di Costantino Copronimo, imperatore Greco d'Oriente, il Mar Nero si gelò quasi tutto, e il Bosforo fu intieramente occupato dai ghiacci. « Nel marzo consecutivo, » dice uno storico di Bisanzio, « apparvero nel cielo cadere le stelle, e tutti quelli che le videro credettero giunta la consumazione dei secoli ». E simile riflessione si trova in un altro cronista che parla del medesimo avvenimento. La pioggia delle stelle filanti era inoltre riguardata al pari delle comete come un segno dell'ira celeste. Leggesi nella cronaca di Romualdo Salernitano: « Nell'anno 902 fu presa dai Saraceni la città di Taormina.... In quel medesimo anno furono vedute fiammelle scorrere per l'aria simili a stelle: e nella medesima notte il re dell'Africa (cioè il capitano de' Saraceni) stando ad assediare Cosenza città della Calabria, morì per giudizio di Dio ».

Le piogge di stelle filanti sogliono esser visibili sopra un vastissimo tratto di paese. Così la gran pioggia del 1866 fu osservata simultaneamente in Europa e nell'India, e al Capo di Buona Speranza:

della recente pioggia del 27 novembre 1872 abbiamo nuove da Atene e da Cristiania, da Cracovia e dall' America del Nord; ed è probabile che le osservazioni saranno state fatte anche in altri luoghi più lontani da cui finora non è giunta notizia. Da ciò apprendiamo, che le cause producenti questi grandi spettacoli meteorici abbracciano vastissime estensioni della terra, sia che si vogliano porre nell'atmosfera, sia che esistano negli spazi planetari. E se vogliamo ammettere questa ultima supposizione, siamo condotti a concludere, che i corpuscoli cosmici non sono tutti dispersi a caso, ma qua e là trovansi raccolti in ammassi più densi che in altre parti dello spazio celeste, e che le grandi pioggie meteoriche accadono quando la Terra incontra alcuno di questi ammassi.

Comparando poi insieme le epoche in cui si manifestarono le più celebri pioggie meteoriche, si acquistò un'altra nozione importante: quella della loro *periodicità:* la quale è di doppio genere. Si è trovato primieramente, che certe pioggie meteoriche ritornano con maggiore o con minore intensità alla medesima data o a date poco differenti del calendario civile. Questo fatto fu dapprima messo in luce in occasione della gran pioggia meteorica del 1833. Fu allora osservato, che la sua data (12 novembre) coincideva esattamente con quella

della gran pioggia meteorica osservata da Humboldt in Cumana il 12 novembre 1799: e che nel 1832, cioè un anno prima, sotto la data stessa del 12 novembre, una pioggia non così straordinaria, ma pure molto abbondante, era stata notata da varii osservatori. Ciò indusse i dotti a verificare, se nel 1834 e negli anni seguenti il 12 novembre o alcun giorno vicino a questo sarebbe stato distinto da qualche simile apparizione. Ora questo si verificò sebbene soltanto in parte: un numero di meteore assai maggiore dell'usato fu veduto intorno al 13 novembre per cinque o sei anni a partire dal 1834, ma intorno al 1840 parve estinto, almeno per quanto riguarda la frequenza eccezionale delle meteore: e non ricominciò a ravvivarsi che nel 1865, per risalire ad un nuovo maximum nel 1866, dopo del quale anno ancora venne declinando, ed ora si può dire estinto nuovamente o appena sensibile ad attenti osservatori.

Una periodicità analoga, ma più persistente, fu notata da Quételet in altre pioggie meteoriche. Nel 1836 egli annunziò che la data del 10 agosto, stando ai cataloghi delle antiche osservazioni, doveva essere distinta da un aumento d'intensità del fenomeno meteorico: ciò che fu indubbiamente confermato dalle numerose osservazioni fatte dal 1837 fino al presente. Le pioggie del 10 agosto non hanno

presentato, in questo intervallo di tempo, alcun spettacolo simile a quelli offerti dalle pioggie di novembre nel 1799, nel 1833 e nel 1866; ma non è impossibile che ciò accada nell'avvenire, siccome è certo che accadde in passato; secondo le osservazioni Chinesi, splendide pioggie meteoriche riferibili al presente fenomeno d'agosto furono notate fin dall'anno 830 dell'era volgare, nella quale occasione, scrive Ma-tuan-lin, « non si poterono numerare tutte le stelle che apparvero ». Al presente il fenomeno d'agosto è di intensità assai moderata, ma si ripete ogni anno con molta regolarità e costanza, sebbene non senza sensibili fluttuazioni. Oltre a queste, altre epoche dell'anno furono da Quételet e da altri designate come particolarmente ricche di meteore, come il 2 gennajo, il 20 aprile, il 20 ottobre, i primi giorni di dicembre. In tutti questi fenomeni il ritorno è legato ad un periodo annuale, il quale non è già l'anno *tropico* del calendario civile, ma l'anno *siderale*, cioè quel tempo, alquanto più lungo dell'anno tropico, che impiega la Terra a fare un giro intiero nella sua orbita intorno al sole. Onde appare chiaro, che il ritorno di questi flussi meteorici non è legato colle stagioni terrestri e colle vicende dell'atmosfera, ma corrisponde generalmente ad una determinata posizione della Terra nella sua orbita; cir-

costanza assai più favorevole all'ipotesi che le stelle cadenti siano un fenomeno cosmico, che all'ipotesi opposta di una natura terrestre. In alcuni casi si manifesta un lento spostamento della data, non spiegabile per intiero colla piccola diversità che passa tra l'anno civile e l'anno siderale. Così la data del fenomeno periodico osservato intorno al 12-14 novembre si va *avanzando* nel calendario di circa 3 giorni ogni 100 anni; mentre la data del fenomeno ultimamente osservato il 27 novembre 1872 va *retrogradando* nel calendario di una quantità non ancora esattamente definita, ma che non sarà meno di un giorno in 8 o 10 anni. La ragione di queste variazioni lente è troppo recondita per esser intesa da questi primi cenni, e nella teoria astronomica se ne rende conto colle perturbazioni, che i pianeti esercitano sulle masse meteoriche durante la loro esistenza cosmica.

Ma, come diceva poc'anzi, esiste nei ritorni delle pioggie meteoriche un'altra specie di periodicità diversa dal periodo annuale. Infatti in alcuni casi si è verificato, che l'intensità dei ritorni annuali non è costante, ma varia secondo periodi regolari. Così Olbers, comparando la celebre pioggia meteorica osservata in America il 12 novembre 1833 con quella veduta da Humboldt e Bonpland in Cumana il 12 novembre 1799, e tenendo conto di un simile

fenomeno che secondo Humboldt si ricordava in America come apparso nel 1766, osò congetturare il ritorno del medesimo pel 1867, il quale, come tutti sanno, si è verificato negli anni scorsi ed ebbe il suo maximum d'intensità non nel 1867, ma nel 1866. Percorrendo poi i cataloghi delle antiche apparizioni, il prof. Newton fu in grado d'additare altri ritorni del fenomeno di novembre avvenuti negli anni 902, 931, 934, 1002, 1101, 1202, 1366, 1533, 1602, 1698, i quali accennano con molta certezza ad un periodo di 33 anni ed un quarto. Così a memoria d'uomo dei ritorni delle meteore del 12-14 novembre furono già osservati 29 periodi interi, a cominciare dall'anno 902, in cui l'apparizione seguì di pochi giorni l'eccidio di Taormina per opera dei Saraceni, ed apparve come causa o segno della morte del capitano Saraceno sotto Cosenza, come abbiamo già detto colle parole di Romualdo Salernitano. E già si può con molta probabilità predire per il 14-15 novembre dell' anno 1899 o del 1900 il ritorno prossimo di questa notabilissima e celeberrima fra tutte le pioggie meteoriche conosciute.

Similmente sembra da alcuni indizi che il fenomeno annuale del 10 agosto sia soggetto ad una recrudescenza d'intensità ogni 100 o 110 anni: ma in questo caso il ciclo non è ancora stabilito con

la medesima certezza che per le meteore di novembre.

Queste due specie di periodicità, cioè quella dei ritorni annuali, e quella dell'intensità con cui si producono questi ritorni, con ragione furono annoverate tra le prove più concludenti della natura astronomica del fenomeno, e tolsero ogni probabilità all'opinione di quelli, che ancora pochi anni fa non volevano vedere nelle stelle cadenti altro che il prodotto di un'azione speciale risiedente nella nostra atmosfera. Noi riguarderemo dunque per l'avvenire come stabilito, che le stelle cadenti sono corpuscoli cosmici vaganti negli spazi planetari, i quali incontrando l'atmosfera terrestre con una grandissima velocità si accendono in essa, e dopo un periodo brevissimo di conflagrazione si disperdono in vapori od in pulviscolo impalpabile.

Ma un altro fatto non meno capitale e caratteristico accompagna le pioggie meteoriche, ed è quello della *radiazione*, scoperto nel 1833 da parecchi osservatori americani in occasione del più volte accennato spettacolo del 12 novembre, e della quale il professor Olmsted fece subito allora comprendere l'importanza. Consiste in questo, che nelle grandi pioggie meteoriche la maggior parte delle trajettorie (così soglionsi chiamare le linee tracciate fra le stelle dal corso apparente delle meteore)

sembra divergere da un punto unico, o meglio, da uno spazio ristretto della sfera celeste, da quello irradiando verso tutte le direzioni. Non si deve però intendere, come taluno ha fatto, che tutte le trajettorie comincino in un medesimo punto; ma soltanto questo, che prolungando idealmente le trajettorie allo indietro, esse vanno ad incontrare quel punto (fig. 3). Questo punto, o questa regione, a cui per tal motivo si è dato il nome di *radiante*, segue la sfera celeste nel suo movimento diurno: fatto importante, che prova ancora esser celeste e non terrestre l'origine delle stelle cadenti. Ed invero, se la radiazione provenisse, come alcuni supposero, dall' esistenza di un centro speciale di attività meteorica collocato in una certa regione dell' atmosfera, certo è che questo centro, se fisso, dovrebbe occupare sempre la medesima direzione per rapporto all' orizzonte dell'osservatore e non potrebbe partecipare al moto diurno apparente della sfera celeste. Se poi il centro supposto fosse mobile e viaggiasse, come le nuvole, da una parte all'altra dell'atmosfera, il suo moto apparente dovrebbe esser simile a quello delle nuvole, il quale è generalmente irregolare e si fa per lo più prossimamente secondo linee orizzontali; onde neppure in questo caso si potrebbe spiegare la rotazione matematica di questo centro intorno all'asse della rivoluzione diurna del cielo.

Ma un altro fatto, che prova indubitabilmente, la radiazione esser fenomeno cosmico e non atmosferico, sta in questo, che diversi osservatori, collocati a distanze anche grandissime sulla superficie della Terra, vedono in un dato istante la radiazione procedere dal medesimo punto del cielo, e dalle medesime stelle: il che esclude subito l'idea di un centro d'attività meteorica collocato nell'atmosfera. Così nell'ultima gran pioggia di stelle cadenti osservata il 27 novembre scorso, il punto principale della radiazione, da cui tutte le meteore sembravano derivare, stette per tutto il tempo delle osservazioni, che durò ben cinque o sei ore, in una parte del cielo vicina alla stella γ di Andromeda, partecipando al moto diurno apparente di questa: e questo riferiscono tutti gli osservatori senza eccezione, tanto quelli d'Atene, quanto quelli di Roma, di Cracovia, o di America. In quella sera il radiante passò a piccola distanza dallo zenit di Milano. Se il fenomeno fosse stato prodotto da un centro speciale di attività collocato nell'atmosfera esattamente a perpendicolo sopra il nostro capo all'altezza di 100 o di 200 miglia, è manifesto che mentre da noi il centro di radiazione appariva allo zenit, l'osservatore di Atene avrebbe dovuto veder questo centro verso Nord-Ovest, e quello di Glasgow avrebbe dovuto vederlo verso Sud-Est, poichè Mi-

lano è a Nord-Ovest di Atene, e a Sud-Est di Glasgow. E siccome la distanza di queste due città da Milano è molto maggiore dell'altezza ordinaria delle stelle cadenti, segue ancora, che così in Atene come a Glasgow il centro di radiazione avrebbe dovuto apparire molto basso presso l'orizzonte dell' una e dell' altra città: cose tutte che sono lontanissime da quanto si è veduto. Tanto ad Atene quanto a Glasgow si vide il centro radiante nella medesima direzione, che prolungata fino alla sfera stellata andava a poca distanza dalla stella γ di Andromeda.

Questa identità della direzione in cui si vede il punto radiante da osservatori distanti fra loro centinaja e migliaja di miglia, è uno dei fatti più importanti nella storia delle stelle cadenti. Esso invero non si può spiegare, che ammettendo un *completo parallelismo* in tutte le linee percorse dalle stelle componenti una medesima pioggia meteorica. Una pioggia meteorica rassomiglia in questo esattamente ad una pioggia d'acqua. Nella pioggia d'acqua, le linee percorse dalle diverse goccie, siano esse perpendicolari o inclinate dal vento, sono esattamente parallele fra loro; lo stesso dobbiamo immaginare delle pioggie meteoriche, che quindi sono vere pioggie di fuoco.

Per comprendere come da una simile pioggia

possa derivare il fenomeno della radiazione, rammenterò un fenomeno di prospettiva, notissimo ai pittori, e che ognuno può quotidianamente per propria esperienza constatare. Allorquando uno spettatore si trova fra due o più linee parallele molto lunghe, p. e., in una strada dritta e lunga, in cui le linee delle carreggiate e dei marciapiedi e le cornici delle case sono disposte parallelamente fra loro, sembra a lui che tutte queste linee le quali in realtà non convergono mai, tendano a riunirsi in fondo alla strada convergendo verso un punto unico situato a grandissima distanza. Esse sembrano irradiare da quel punto; al quale suolsi dare il nome di centro della prospettiva. Questa è appunto l'illusione, che produce il fenomeno della radiazione delle stelle cadenti. Sia AB (fig. 2.ª) la superficie curva della terra, rappresentiamo con EF il limite superiore degli strati atmosferici dove le stelle cadenti si accendono, con CD il limite inferiore di quei medesimi strati. Le linee parallele comprese fra EF CD indichino una pioggia di stelle cadenti (1). Sia O il

(1) Si noti che la figura rappresenta il fenomeno con regolarità geometrica, per facilità della spiegazione; chè in verità le trajettorie delle pioggie meteoriche non sono nè tutte ugualmente lunghe, nè tutte cominciano alla stessa altezza, nè tutte finiscono alla stessa altezza, e la densità delle trajettorie non è per tutto uguale ma varia da un luogo all'altro.

luogo dello spettatore; e O*mn*S una linea che partendo dal suo occhio seguiti una direzione parallela alle linee della pioggia. Una trajettoria che seguiti la linea *mn* apparirà allo spettatore come un punto; perchè l'occhio si trova sul prolungamento della linea stessa. Quindi una tale meteora apparirà e scomparirà nel medesimo punto del Cielo e non sembrerà aver alcun movimento. Un'altra trajettoria vicina alla precedente, come *m'n'*, sarà veduta dallo spettatore O sotto un grande scorcio, ed apparirà brevissima; meno brevi appariranno le trajettorie più distanti dalla *mn*, e quelle molto distanti, come *m''n''*, appariranno lunghissime. Ma poichè tutte sono parallele, tutte sembreranno allo spettatore divergere da un centro di prospettiva comune, il quale sarà collocato nella direzione OS; e questa linea prolungata fino alla sfera celeste indicherà la stella, che segna il punto di radiazione apparente. Così da O guardando verso S l'insieme delle trajettorie offrirà lo spettacolo indicato nella fig. 3.ª Per un altro osservatore O', il centro della prospettiva giacerà nella direzione O'S' parallela ad OS; a cagione della distanza quasi infinita della sfera stellata, le due direzioni OS OS' segneranno, prolungate, la medesima stella come centro della radiazione apparente per ambo gli osservatori. Ecco la ragione per cui in luoghi fra loro lontanissimi il

centro della radiazione apparente è assolutamente identico.

In questa costruzione si vede, che la direzione la quale segna nel cielo il punto di radiazione, è parallela alla direzione delle meteore; siccome il punto di radiazione per ogni dato spettatore non cambia sensibilmente luogo fra le stelle e partecipa al moto diurno, ne concluderemo, che la rotazione del globo terrestre non ha alcuna influenza sulla direzione in cui cade la pioggia; che perciò la *pioggia meteorica non vi partecipa, nè è influenzata da questa rotazione in modo sensibile;* come appunto deve avvenire se la pioggia meteorica è un fenomeno cosmico.

Colla scorta delle osservazioni noi siamo dunque pervenuti a stabilire, che le pioggie meteoriche provengono da infiniti corpuscoli, i quali dallo spazio planetario cadono sopra la terra in direzioni parallele fra di loro. Questi sistemi di corpuscoli sono riuniti con maggior densità in certe regioni speciali dello spazio celeste, e piovono sulla Terra, quando essa nel suo corso annuale intorno al Sole attraversa la nube da essi formata. E la Terra, girando intorno al suo proprio asse col moto diurno, espone successivamente diverse parti della sua superficie alla percossa di questi corpuscoli (fig. 1) i quali vengono arrestati dall' atmosfera, e in essa

disfatti e dispersi, terminando così la loro esistenza come corpi cosmici indipendenti.

Da questi fatti noi possiamo anche, considerando la figura 1.ª, intendere come secondo le varie regioni della terra una medesima pioggia meteorica possa cadere secondo diverse inclinazioni rispetto all'orizzonte dell'osservatore. Lo spettatore che occupa sulla terra il luogo indicato da L riceverà la pioggia a perpendicolo sul suo capo, e le meteore penetrando, colla grandissima velocità che loro è propria, in brevissimo istante negli strati più densi e più resistenti dell'atmosfera, spariranno dopo breve corsa. Questa è una delle ragioni, per cui la pioggia del 27 novembre scorso, la quale cadde quasi verticalmente sopra l'Europa, mostrò dappertutto trajettorie di brevissimo corso, siccome dalle osservazioni raccolte ampiamente consta. Al contrario nella regione della terra indicata con X le meteore entrano nell'atmosfera in direzione tangente alla superficie terrestre e la loro corsa appare quasi orizzontale agli spettatori collocati in quel punto. Queste meteore penetrando in direzione estremamente obliqua negli strati atmosferici superiori, che sono rarissimi e poco resistenti, potranno, prima di andar disciolte, percorrere una lunga trajettoria, ed è quello che veramente si osservò nella pioggia meteorica stupenda del 14 novem-

bre 1866: quegli osservatori, che si trovavano ricevere le meteore in direzione quasi orizzontale le videro arrivare sotto forma di lunghissimi razzi, che da un punto dell'orizzonte attraversando tutto l'emisfero arrivavano al punto opposto. Tali sono ancora d'ordinario le grandi meteore di lunga corsa, impropriamente appellate *bolidi*, le quali altro non sono che stelle cadenti più splendide delle altre, e sogliono vedersi sopra tratto vastissimo di paese lasciando talora striscie luminose di considerevole ampiezza e durata. Tale fu la grande meteora che apparve a Firenze addì 11 agosto 1353: della quale scrive Matteo Villani, « che si mosse da mezzo il « Cielo fuori dello Zodiaco un vapore grande, in- « focato, e sfavillante, il quale scorse per diritto « di Levante in Ponente, lasciandosi dietro un va- « pore cenerognolo traendo allo stagneo, steso per « tutto il corso suo. E durò nell'aria, valicato il « fuoco, lungamente e poi cominciò a raccogliersi « a onde a modo d'una serpe: e il capo grosso stette « fermo ove il vapore si mosse, simile a capo ser- « pentino, e il collo digradava sottile e il ventre « ingrossava: e poi assottigliava digradando con « ragione fino alla punta della coda, e per lunga « vista si dimostrò in propria figura di serpe, e « poi cominciò a invanire dalla coda e dal collo, « e ultimamente il corpo e il capo vennero meno,

« dando di sè disusata vista a molti popoli. Altro « non sapemmo di sua influenza scernere, che di- « minuzioni d'acque: però che quattro mesi interi « stette appresso senza piovere. » (VILLANI, III, 74). E di questo genere fu pure la grandissima meteora che la sera del 5 settembre 1868 fu osservata in molti luoghi di Germania, di Svizzera, dell' Italia settentrionale e della Francia; la quale osservata a Bergamo dal sig. Zezioli gli parve traversare da Levante a Ponente tutto l'emisfero visibile lasciando larga coda luminosa dietro di sè. Dalla combinazione delle fatte osservazioni si riconobbe che essa era entrata nell'atmosfera e divenuta luminosa sopra Belgrado; e che correndo quasi orizzontalmente andò ad estinguersi sopra il centro della Francia. Essa non impiegò più di 15 o 20 secondi per fare tutto quell'immenso tragitto, malgrado che il suo corso fosse rallentato dalla resistenza dell'atmosfera.

Progredendo nella nostra esposizione generale, dobbiamo ora far notare, che per i fenomeni ripetentisi periodicamente a determinate epoche, come sono quelli del 10 agosto e del 14 novembre, il radiante è sempre lo stesso, cioè conserva fra le stelle (almeno approssimativamente) la medesima posizione in tutti i ritorni. Per tal guisa la posizione del radiante diventa per la sua stabilità, un

elemento caratteristico che serve, con altri segni, a distinguere i ritorni di una medesima pioggia meteorica da quelli di altre pioggie consimili. Così la pioggia celebre del 14 novembre suole irradiare ai nostri tempi dal punto dove s'intersecano le due diagonali del quadrilatero formato dalle stelle $\epsilon \gamma \zeta \mu$ del Leone; mentre le meteore del 10 agosto si dipartono per la maggior parte da un punto collocato a poca distanza dalla stella η di Perseo, siccome fu constatato fin dal 1837 e si può verificare ogni anno. Per questo motivo si è applicato alle meteore d'agosto il nome di *Perseidi*, per brevità del discorso. Per simil ragione designeremo qualche volta col nome di *Leonidi* le stelle meteoriche appartenenti alla gran pioggia del 14 novembre, divergenti dalla testa del Leone, sebbene dai grammatici e dai professori di estetica si possa far a buon diritto qualche obbiezione sulla legittimità del nome così derivato. — Con questa nozione noi siamo già in grado di dichiarare, che la gran pioggia meteorica del 27 novembre passato ha nulla che fare con quella del 14 novembre, perchè le sue meteore derivavano non già dalla testa del Leone, ma dalla stella detta γ d'Andromeda, che dal Leone è distante circa 110 gradi.

Dalla stabilità del punto radiante di una medesima pioggia meteorica si conclude subito, che

tutte le volte quando la Terra incontra la nube di meteore che la produce, la direzione della caduta delle medesime è sempre la stessa.

Noi abbiamo fino al presente considerato il fenomeno delle stelle cadenti nei suoi periodi di speciale intensità, perchè appunto in queste circostanze eccezionali si manifestano con maggior evidenza i caratteri importanti di cui or ora abbiam ragionato, specialmente quello dei ritorni regolari e quello della radiazione da un determinato punto della sfera stellata. Ma poichè in qualunque notte dell'anno, purchè il cielo sia sereno e senza Luna, si possono osservare almeno alcune stelle cadenti, è nostro dovere di esaminare se per queste meteore quotidiane non esistano anche, sebbene in grado meno evidente, i suddetti caratteri. Considerandole superficialmente e senza speciale attenzione, esse non mostrano nel loro apparire regola alcuna: sembrano disperse su tutto l'emisfero visibile, e le loro direzioni pajono variare con nessun'altra norma, che quella del puro caso. E per lo più la confusione è tale, che il tentare qui un opera di coordinamento e di classificazione sembrerebbe pura pazzia. Si credette dunque per molto tempo (e tale era ancora l'opinione quasi generale intorno al 1860) che per tali meteore non valessero le leggi osservate nelle stelle periodiche; ciò

che diede origine alla distinzione di stelle *sistematiche* e di stelle *sporadiche*. Sistematiche chiamavansi quelle di ritorno regolare, principalmente quelle di agosto e di novembre, alle quali per lungo tempo fu quasi esclusivamente diretta l'attenzione degli osservatori; *sporadiche* quelle d'ogni notte, nelle quali non sembrava potesse indicarsi legge alcuna, che ne regolasse il ritorno o la direzione. Fu opinione di alcuni, che vi potesse essere differenza fra queste due classi, non solo circa l'epoca ed il modo del loro apparire, ma anche rispetto alla loro origine. Negli ultimi tempi fu dimostrato, che tale differenza non sussiste affatto, o almeno che essa non può ammettersi nel senso assoluto or ora indicato.

Il prof. Heis in Münster è stato il primo a tentare la classificazione di tutte le stelle cadenti in sistemi particolari e determinati, fissando per ogni epoca dell'anno un certo numero di punti di radiazione, dai quali si poteva ammettere come emanata la maggior parte delle meteore osservate. Una prima serie di punti radianti fu da lui data nel 1849; ma un catalogo regolare di tutti i punti radianti principali che si osservano lungo l'anno non fu pubblicato che nel 1864 sopra undici anni di osservazioni. Lo stesso catalogo, corretto ed ampliato nell'ultima edizione del 1867, porta il numero dei punti

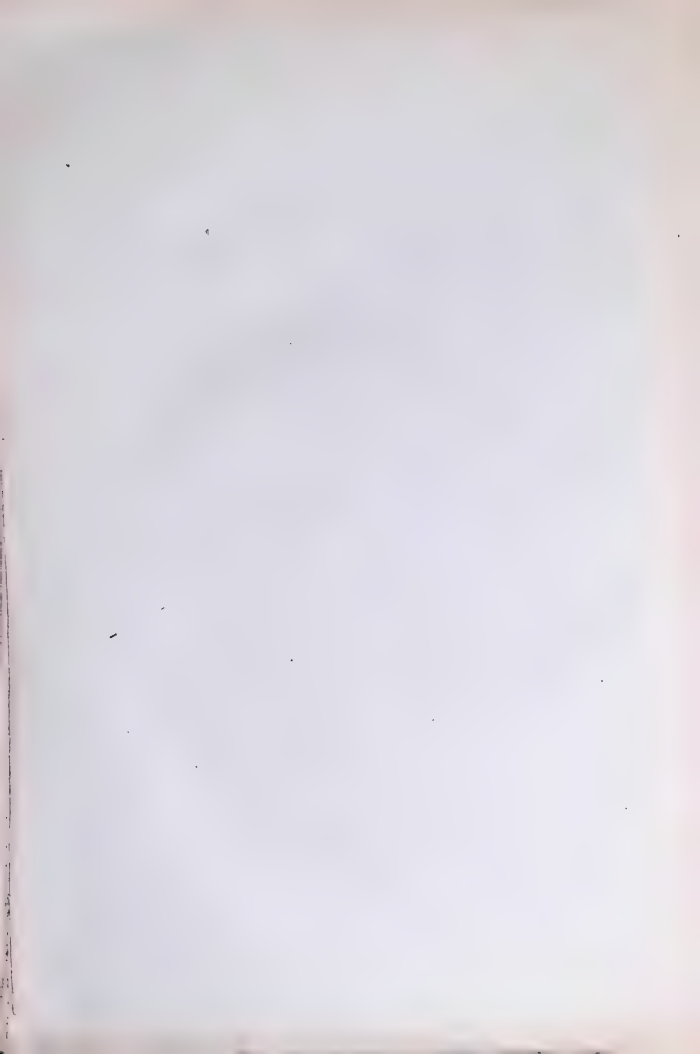
radianti, o delle pioggie periodiche che si osservano lungo l'anno, ad 84.

Poco dopo Heis, l'inglese Greg, avendo costruito su carte appositamente disegnate la trajettoria apparente di circa 2000 meteore consegnate nei rapporti annuali del Comitato meteorico dell'Associazione Britannica, ne dedusse le posizioni di 56 radiazioni distinte, delle quali in un catalogo più recente portò il numero a 77. Ad illustrare questo lavoro, Greg pubblicò, insieme al prof. Alessandro Herschel, uno splendido Atlante nel quale sono descritte tutte le trajettorie impiegate a formare il catalogo, distribuite secondo le rispettive radiazioni a cui appartengono. Lavori analoghi, sebbene meno completi furono pubblicati dal sig. Schmidt, direttore dell'Osservatorio d'Atene, e da me coll'ajuto delle osservazioni fatte negli anni 1867-68-69 a Bergamo dal signor Zezioli. E lo zelo, con cui gli osservatori di tutte le Nazioni, ma specialmente i nostri, si sono applicati a questa parte dell'Astronomia, lascia sperare che in un avvenire non lontano le principali radiazioni meteoriche del cielo settentrionale saranno quasi completamente conosciute. Anche le radiazioni del cielo australe non sono rimaste affatto inesplorate: e 39 radiazioni di quella regione furono studiate dal prof. Heis sulle osservazioni fatte a Melbourne in Australia dal sig. Neumayer.

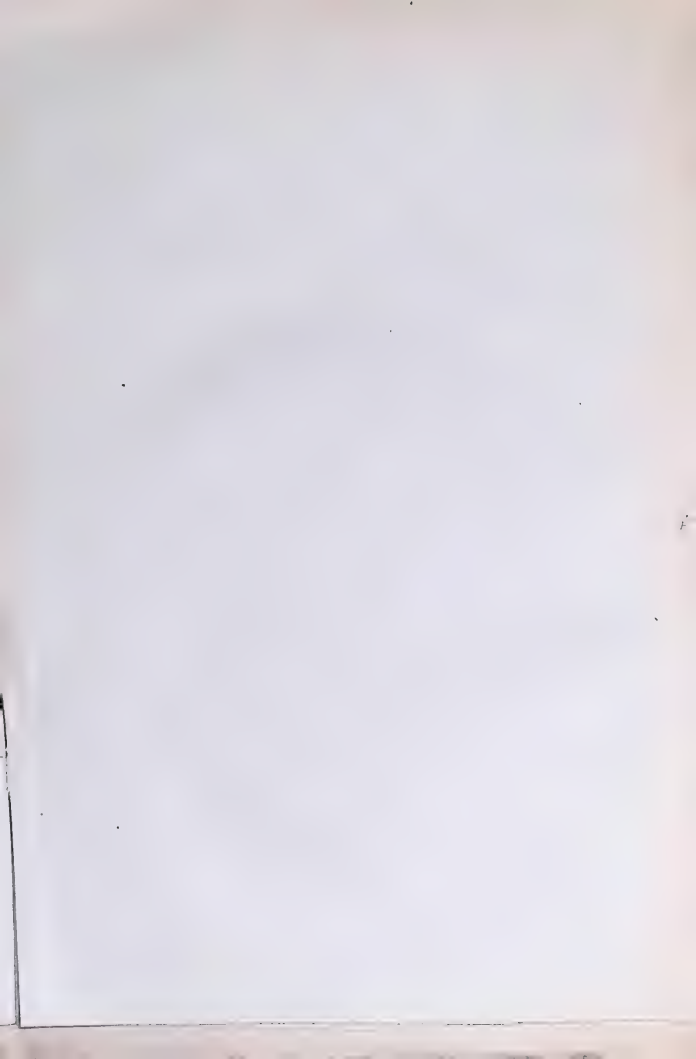
Esaminando e comparando insieme questi lavori, si vede che la maggior parte delle stelle meteoriche è effettivamente raccolta in sistemi, i quali non differiscono dai sistemi delle Perseidi e delle Leonidi, che per la minor copia di meteore, e per la minore evidenza, con cui si presentano agli osservatori. In ogni notte sono attive due, tre o anche un maggior numero di queste pioggie meteoriche; quindi l'apparente disordine dell'insieme del fenomeno, disordine che non scompare, se non quando sono classificate le trajettorie, ciascuna secondo la radiazione a cui appartiene. Non è però da credere che il numero e le proprietà di questi sistemi siano già adesso sufficientemente conosciuti. I lavori poc-anzi accennati non sono che primi abbozzi, i quali possono bensì, presi tutti insieme, offrire i tratti più generali del fenomeno e alcune delle principali circostanze: ma che dovranno esser più tardi completati da studi particolari sopra ciascuno dei sistemi meteorici.

Per tutti questi lavori è diventato certissimo, che la Terra, lungo il corso suo annuale nell'orbe descritto da essa intorno al Sole, incontra continuamente piogge meteoriche, ora più ora meno abbondanti, derivanti ora da una ora da un'altra direzione dello spazio, ma per lo più da varie direzioni in una volta. La medesima pioggia meteo-

rica, incontrata una volta, più non ritorna che l'anno dopo, alla medesima data a un dipresso: epperò le masse di meteore formanti una medesima pioggia, presentansi ad incontrare la Terra sempre nel medesimo luogo della sua orbita e dello spazio planetario, e si precipitano sovr'essa ciascuna sempre nella medesima direzione Che cosa sono dunque cotesti spruzzi di materia celeste, che stando fissi lungo l'orbita terrestre ciascuno al suo luogo, attendono al varco il nostro pianeta per inondarlo di vere pioggie splendenti? Da qual parte vengono essi prima d'incontrare la Terra, e dove sarebbero andati se la Terra non li avesse raccolti? E le meteore che passano vicino alla Terra senza incontrarla dove vanno a finire?

Ardue quistioni che tennero lungamente dubbiose le menti, e delle quali soltanto negli ultimi anni è stato possibile di indicare una soddisfacente soluzione. A darne un'idea consacrerò, ove l'Istituto me lo permetta, un'altra lettura nella prossima adunanza.

LETTURA SECONDA.

Sul corso delle stelle cadenti nello spazio, e sulla loro associazione colle comete.

Diverse ipotesi intorno alla forma delle correnti meteoriche. — Correnti annulari avvolgentisi intorno al Sole. — Scoperta della connessione fra le stelle cadenti e le comete. — Ipotesi di Chladni e di Kirkwood. — Casi in cui si è verificata questa connessione. — Le Leonidi. — Le Perseidi. — Le meteore della cometa di Biela. — Le meteore del 20 Aprile. — Diversi modi d'incontro delle correnti meteoriche colla Terra. — Numero probabile delle correnti meteoriche che percorrono lo spazio planetario.

Per dare una spiegazione di tutte le particolarità che presentano i fenomeni meteorici, furono immaginate diverse ipotesi nell'origine delle stelle cadenti e sul loro corso nello spazio. Non può esser opportuno presentare qui una storia completa di queste ipotesi della memorabile epoca del 1833 fino ai giorni nostri: storia che in parte è già stata fatta da altri, e che troppo mi allontanerebbe dal presente scopo. Tuttavia mi permetterò di ricordare, come fin da quell' epoca la periodicità annuale delle apparizioni meteoriche diede origine alla supposizione, che la Terra, movendosi nello spazio intorno al Sole, incontrasse, nei giorni corrispondenti, ammassi di materia celeste molto rara; e questi ammassi da alcuno si supponevano fissi in quel luogo dell' orbita terrestre, da altri

si supponevano circolare intorno al Sole al modo dei pianeti. Della supposizione, che fossero fissi nel luogo dove la Terra li incontrava, si riconobbe assai presto l'inverosimiglianza. Oltre alla difficoltà di spiegare l'immobilità di quelle masse relativamente al sistema planetario ed al Sole, la conseguenza immediata che derivava da questa ipotesi era, che le meteore doveano piovere tutte sulla Terra in direzione esattamente opposta al movimento di questa: e che il radiante di ciascuna pioggia meteorica dovea trovarsi nel punto del cielo, verso cui la Terra si dirigeva in quel momento in virtù del suo moto annuale intorno al Sole. Ora questa condizione non si trovò approssimativamente verificata, che per la sola pioggia meteorica del 13-14 novembre, e negli altri casi si riconobbe non adempiuta.

Più probabile sembrò l'opinione prodotta da Olmsted, che ciascun ammasso cosmico girasse intorno al Sole in una propria orbita così collocata, da intersecare l'orbita della Terra in un punto. Il ritorno simultaneo della Terra e dell'ammasso a quel punto sarebbe stata la causa della pioggia meteorica. Un simile ammasso, precipitandosi sopra la Terra, aveva prodotto, secondo Olmsted, il gran diluvio delle Leonidi nel 1833. Questa ipotesi dava conto del fenomeno della ra-

diazione: infatti il punto radiante si poteva immaginare che segnasse sulla sfera celeste la direzione, in cui succedeva l'urto della massa cosmica contro la Terra, o piuttosto l'immersione di questa nella massa cosmica.

Ma dopo che fu constatato il periodo annuale per altre piogge meteoriche e segnatamente per quella delle Perseidi d'Agosto, l'ipotesi di Olmsted perdette molto della sua verosimiglianza. Questo ritorno annuale del fenomeno indicava, che non solo la Terra, ma anche l'ammasso cosmico dovea ritornare esattamente nel medesimo punto dello spazio in capo ad un anno: onde derivava la necessità di supporre, che il periodo rivolutivo della nube meteorica fosse esso pure di un anno; o almeno che in un anno questa facesse esattamente intorno al Sole un numero intiero di rivoluzioni, senza frazioni. Supposizione anche questa poco verosimile, la quale diventò viemmeno probabile, quando si riconobbe, che le piogge meteoriche dotate di periodo annuale sono molto numerose. Esse avrebbero domandato l'esistenza di altrettante nubi meteoriche, tutte rivolgentisi intorno al Sole nel periodo di un anno, o in un periodo esattamente submultiplo di un anno.

Contro la esistenza permanente di coteste nubi cosmiche pugnava poi un altro invincibile argo-

mento, desunto dalla loro enorme vastità. Per farsi un'idea delle dimensioni, che occorreva loro dare per spiegare i fenomeni, basta osservare, che la terra, la quale corre nella sua orbita mille miglia circa al minuto, rimane ogni anno due o tre giorni immersa nelle Perseidi d'Agosto, la cui pioggia dura generalmente il 9, il 10, e l'11 di quel mese, anche considerando soltanto il periodo della sua maggiore intensità. E vi sono esempi di piogge meteoriche, le quali hanno una durata molto maggiore. Si comprende agevolmente da questo, che, data come causa delle stelle cadenti le presenza di nubi cosmiche rivolgentisi intorno al Sole, non si può assegnar loro dimensioni minori, che di uno o anche di più milioni di miglia. In questo grande spazio le meteore sono disseminate molto raramente, come risulta dalla loro numerazione effettiva, e si può stimare, che p. e., delle Perseidi ogni meteora visibile occupi per sè esclusivamente uno spazio uguale ad una sfera di 50 miglia italiane di raggio; che ciascuna quindi in media sia distante dalle sue vicine circa 100 miglia. Ora è facile dimostrare, che una nube composta di elementi così rari e dispersi non potrebbe star coerente in virtù della attrazione reciproca fra le sue parti; e che ben presto sotto l'influsso della gravitazione solare essa andrebbe dispersa,

ciascuna sua parte descrivendo propria orbita intorno al Sole con proprio periodo.

Così respinta l'idea dell'esistenza di nubi cosmiche in forma di sistemi isolati, gli astronomi furono grado grado condotti a supporre, che la materia meteorica, invece di esser riunita in una o parecchie masse, fosse invece distribuita su tutta l'orbita dalle meteore percorsa, in modo da formare lungh'essa un anello o armilla continua, girante intorno al Sole in forma di un fiume o di una corrente che ritorna in sè medesima. Fu trovato, che questa supposizione rende buon conto delle principali apparenze. Infatti in una simile corrente annulare le orbite speciali percorse dai singoli corpuscoli, che la compongono, sono necessariamente poco diverse fra loro: quindi in un dato luogo della corrente, i movimenti delle particelle, che in un dato istante vi passano, saranno paralleli o prossimamente paralleli fra loro, e le velocità saranno uguali, o a un dipresso uguali. Se noi ora ammettiamo, che la Terra nel suo corso annuale traversi l'anello in qualche punto, le cadute dei corpuscoli sulla sua superficie si faranno tutte anche in direzioni parallele e con velocità uguali: le linee di queste cadute saranno rese visibili dello sviluppo di luce ed appariranno non parallele, ma divergenti da un medesimo punto

del cielo, per cagione del fenomeno di prospettiva dichiarato nella lettura precedente. Ma il vantaggio principale che si consegue dalla supposizione delle correnti annulari consiste in questo: che possiamo spiegare la periodicità annuale di una stessa pioggia luminosa, senza essere in alcun modo legati a supporre, che la rivoluzione dei suoi corpuscoli intorno al Sole duri esattamente un anno, o un periodo submultiplo di un anno. Infatti, dato che l'orbita terrestre traversi la corrente in un punto, la Terra giunta in quel luogo si troverà necessariamente immersa nel flusso meteorico, e riceverà la pioggia luminosa che ne deriva. E il fatto si rinnoverà in capo ad ogni rivoluzione della Terra intorno al Sole, qualunque tempo impieghi dal canto suo la corrente delle meteore a terminare il proprio giro.

Questa idea degli anelli meteorici cominciò a farsi strada intorno al 1839, nel quale anno il prof. Erman di Berlino pubblicò una celebre memoria intorno a questo argomento. In essa egli ricerca il modo di determinare la forma e la posizione degli anelli meteorici, e dimostra, che la determinazione del corso delle meteore in questi anelli si può fare come per qualsivoglia altro corpo del sistema planetario, non richiedendosi a questo fine, che la posizione del punto radiante fra le

stelle, e la cognizione esatta della velocità, con cui le meteore cadono sopra la Terra. Ora di questi due postulati il primo è facile ad ottenersi coll'osservazione diretta, non così il secondo, cioè la velocità della caduta. Infatti questa velocità è talmente grande, la durata delle apparizioni talmente istantanea, che non si può aver campo a misura esatta, e neppure ad una estimazione sufficientemente approssimata per lo scopo. Aggiungasi a questo, che la resistenza dell'atmosfera modifica rapidamente questa velocità, in pochi istanti distruggendola totalmente; e di questa resistenza non è possibile far alcun calcolo rigoroso, mancando affatto gli elementi a ciò necessarii. Per questa difficoltà è avvenuto, che la teoria astronomica di Erman, sebbene fondata sopra principii astronomici incontestabili, non portò in pratica nessun notevole progresso alla scienza delle meteore, e solo additò una via, per la quale era possibile avanzarsi a cognizioni più solide di quelle che fin allora erano state in corso. Ma varii tentativi eseguiti su questa via, specialmente dagli investigatori americani, non ebbero alcun successo. Lo stesso Erman non osò progredire in essa, e si contentò di assegnare per l'orbita possibile delle Perseidi d'Agosto alcuni limiti, assai lati invero, che dagli studii più recenti furono verificati e ri-

conosciuti esatti. In quel tempo non era possibile procedere più oltre. Neppure fu verificata la celebre teoria di Erman sulle *offuscazioni*, secondo la quale le correnti meteoriche, frapponendosi fra il Sole e la Terra in certi punti, avrebbero dovuto arrestare per via una parte sensibile della luce e del calore di quest'astro, e produrre periodicamente certe irregolarità delle stagioni. Erman credeva, che in questo modo le Leonidi producessero l'abbassamento di temperatura, che nei paesi settentrionali d'Europa si riconobbe avvenire intorno al 12 maggio. Oggi noi sappiamo, che la corrente delle Leonidi non può frapporsi fra la Terra ed il Sole nel modo indicato, e che l'abbassamento di temperatura in discorso è un fenomeno locale, il quale non si estende al Sud delle Alpi, siccome da lunghe serie di osservazioni termometriche fatte a Milano ed a Torino è stato provato.

Per un quarto di secolo, cioè dal 1839 al 1864, la teoria astronomica delle stelle cadenti rimase fissa al concetto degli anelli di materia rara, circolanti intorno al Sole, ma non progredì niente al di là del punto, a cui l'aveva portata il professore Erman. Non solo non si era riusciti a determinare in modo soddisfacente la grandezza, la forma, e la posizione di alcune delle supposte armille meteoriche, ma non si aveva alcuna idea pre-

cisa neppure intorno alla parte, che a coteste singolari formazioni era da assegnare nella gran macchina dell' Universo. Alcuno fra gli investigatori aveva già cominciato a disperare, che si potesse mai venire a nozioni solide intorno a questa materia, e inclinava di nuovo verso la teoria atmosferica, secondo cui le stelle cadenti si riputavano come risultato di qualche processo meteorologico analogo, p. e., alla grandine. I più parevano accostarsi all'opinione già emessa di Olmsted e da Biot, che le orbite delle nubi o delle correnti meteoriche intorno al Sole fossero poco diverse da circoli concentrici, e formassero col loro insieme l' apparenza nebulosa nota sotto il nome di *luce zodiacale;* cioè costituissero un grande ammasso di forma schiacciata simile ad una lente, col centro nel Sole, e cogli orli estesi nel piano delle orbite planetarie fino a toccare l'orbita della Terra. Humboldt nel *Cosmos* è stato il divulgatore più autorevole di questo modo di vedere, il quale oggi non appartiene più che alla storia. Ad accrescere la confusione e l' incertezza si aggiunse l' abuso che alcuni facevano della distinzione in meteore *sporadiche* ed in meteore *sistematiche* o *periodiche*, attribuendo ad essa non un significato nominale, ma un senso reale, che non ha in natura alcun fondamento. Nessuna maraviglia quindi, che per

tanto tempo molti astronomi abbiano considerato questo studio con una specie di diffidenza o di apatia, come quello da cui non erano a sperare grandi risultamenti; e che intanto godesse in Francia di un trionfo effimero la teoria meteorologica di Coulvier-Gravier, il quale per molti anni credette di ricavare, dalle osservazioni delle stelle cadenti, la spiegazione di certi fenomeni atmosferici, e perfino la predizione del tempo.

Ma quando nel 1864 il prof. Newton, consultando diligentemente le antiche narrazioni di piogge meteoriche, e rettamente interpretandole, ebbe dimostrato, che l' apparizione delle Leonidi si rinnova periodicamente ogni 33 anni ed ¼, ognuno vide chiaramente, che il fenomeno delle stelle cadenti poteva appartenere soltanto all'Astronomia. Bisognava dunque ad ogni costo tentare di avanzarsi, e non servendo il processo regolare dell'induzione scientifica, trovare un'altra strada, foss'anche meno rigorosa e più lunga. Invece di partire dalle osservazioni per stabilire la teoria, si è fatto ricorso alle ipotesi: e dalle conseguenze di queste, per via di deduzione si è cercato di verificare l' accordo colle osservazioni. Con questo metodo, indiretto sì, ma perfettamente rigoroso, si giunse a trovare, che le orbite descritte dalle stelle meteoriche nello spazio sono analoghe, per natura, forma, e dispo-

sizione, alle orbite delle comete: che la velocità assoluta delle meteore, quando percuotono l'atmosfera della Terra, è generalmente assai prossima alla velocità che corrisponde al moto parabolico intorno al Sole, e sta alla velocità della Terra nella sua orbita nella proporzione di 141 a 100; che certe comete sono associate a certe pioggie meteoriche in modo da descrivere con esse nello spazio orbite identiche; ed infine che molto probabilmente le meteore sono il prodotto della dispersione di materia cometica. La scoperta di questi notabili fatti ha cangiato la faccia della scienza delle meteore e per la prima volta l'ha posta su vere e solide basi.

Che esista qualche relazione intima fra le comete e le meteore non è idea nuova. Fra le stelle cadenti non sono rare quelle, che lasciano nel cielo una traccia più o meno fuggitiva, la quale dà a questi corpi l'aspetto di rapidissime comete. Tale appendice non manca quasi mai alle grosse meteore, ed ai bolidi, dal cui scoppio nascono le cadute di aeroliti, onde avviene talora, che nelle antiche narrazioni tali meteore e tali aeroliti vengono descritte come comete, e confusi con esse. Questo credo fosse il punto di vista di Cardano, allorquando assimilava ad una cometa il gran bolide, del quale più centinaia di pietre caddero sul territorio di Crema

il 4 settembre 1511. E senza dubbio dal medesimo argomento fu tratto Keplero a riguardare alcune stelle cadenti come piccole comete. Cotali assimilazioni non hanno per fondamento che una superficiale analogia di apparenze; essendo molto probabile, che la coda delle comete sia il risultato di un processo intieramente diverso da quello che dà origine alle code meteoriche.

Halley pensava, che una materia rara, disseminata per gli spazi celesti venisse a concentrarsi in caduta continua sul Sole, ed incontrando la Terra, producesse il fenomeno delle stelle cadenti. Maskelyne, più ardito di Halley, fece delle stelle meteoriche altrettanti corpi celesti, e pare anzi inclinasse a collocarle fra le comete. Egli scriveva quanto segue all'Ab. Cesaris, astronomo di Brera, sotto la data del 12 Dicembre 1783: « Aggradite « un piccolo stampato, che recentemente pubblicai, « per esortare i dotti e gl' indotti ad osservare « con qualche maggior cura le meteore ignee dette « bolidi: *Forse risulterà che essi sono comete.* Non « sdegnate di spendere alquanta fatica in questa « cosa, che mi sembra di grande momento, come « quella che può condurre a progressi nella Filo- « sofia naturale, fors' anche nella stessa Astro- « nomia ».

Nella sua insigne opera sulle meteore ignee,

Chladni ha cercato di connettere colle comete la generazione di queste meteore. Nello stabilire l'ipotesi cosmica sulla loro origine egli riguarda come possibili due casi. O le meteore sono ammassi indipendenti di materia, i quali non hanno mai fatto parte dei corpi celesti maggiori, o sono il prodotto della distruzione di un corpo celeste anteriormente esistente. Chladni ha questa seconda ipotesi come possibile, ma ritiene la prima come più probabile. Egli nota, non potersi dubitare che esistano negli spazi celesti molti corpi minori dotati di movimento, i quali talora si rendono osservabili passando davanti al Sole. Secondo Chladni, queste masse disperse sarebbero accumulazioni della materia celeste primitiva, dalla quale si sono formati anche i grandi astri dell'Universo. Molte delle nebulose, che si chiamano irresolubili, altro non sarebbero, che porzioni di detta materia sommamente rarefatta e dispersa in grandissimi spazi. Da tali nebulose pensa Chladni che le comete differiscano soltanto per la piccolezza del loro volume, per il loro isolamento, e forse anche per la maggiore loro densità. Ora le masse minori, che ci appaiono sotto forme di bolidi e di stelle cadenti, non sembrano differire essenzialmente dalle comete. « È anzi probabile, dic'egli, che le comete « consistano semplicemente in nubi composte di

« masse vaporose ed in gran parte pulverulente,
« le quali siano insieme trattenute dalla reciproca
« attrazione. Che questa attrazione non valga a per-
« turbare sensibilmente i moti planetarii, è una
« prova della somma dispersione e tenuità della
« materia di quelle nubi, attraverso alle quali
« spesso è avvenuto di osservare le stelle fisse ».

Queste idee così notabili di Chladni non furono mai compiutamente dimenticate in Allemagna. Si può trovarne l'eco in diverse pubblicazioni, come nella *Meteorologia* di Kaemtz, e nell'*Astronomia* di Littrow. Nel 1859 il barone di Reichenbach pubblicò una memoria sulle reciproche relazioni fra gli aeroliti e le comete, intieramente fondata sul punto di vista di Chladni. Egli immagina, che ogni cometa sia una porzione di materia primitiva, la quale tendendo a concentrarsi secondo le leggi dell'attrazione, finisca per convertirsi in una nebbia di cristalli minuti, e sommamente numerosi. Dall'accumulamento di questi cristalli, prodotto dalla loro attrazione reciproca, suppone poi che nascano gli aeroliti, i quali secondo Reichenbach non sarebbero che una specie di conglomerati: ognuno di essi sarebbe derivato dalla condensazione di una cometa. Esaminando questa immaginosa teoria di Reichenbach, incontriamo a prima giunta ragioni assai forti di dubitare, che nel modo da lui de-

scritto possano nascere masse così compatte e così dure, come sono per lo più quelle dei meteoriti. Ma anche quando tutte le parti di quella bizzarra speculazione non si vogliano ammettere, non è impossibile che in essa si nasconda qualche cosa di vero. La generazione dei corpi celesti dalla agglomerazione di polvere cosmica è stata recentemente appoggiata dal signor Haidinger con tutto il peso della sua autorità. Se io mi fossi proposto di fare qui una storia completa, dovrei citare le opinioni di parecchi altri autori, i quali per via d'induzione più o meno arbitraria furono condotti a sospettare analogie fra le meteore luminose e le comete. Ma nessuno, per quanto è giunto a mia notizia, si è tanto avvicinato al vero, ed ha espresso opinioni tante precise e categoriche sulla relazione di origine fra le comete e le meteore, quanto l'americano Daniele Kirkwood, professore dell' Università dello Stato d'Indiana. La sua teoria tanto si avvicina a quella, la quale oggidì generalmente è riguardata come la più probabile, che il riferirne l'esposizione può avere più che un interesse puramente istorico.

« Diverse opinioni, diceva il professore americano fin dal 1861, hanno gli astronomi riguardo all' origine delle comete; alcuni credono che vengano dal di fuori del sistema solare, altri ne met-

tono l'origine nell'interno del medesimo sistema. La prima ipotesi è di Laplace, ed è considerata con favore da molti eminenti astronomi.... Prima dell'invenzione del telescopio l'apparizione di una cometa era cosa comparativamente rara. Il numero di quelle, che si resero visibili all'occhio nudo durante gli ultimi 360 anni, fu di 55: cioè in media di 15 per secolo. Presentemente coi telescopi se ne trovano quattro o cinque ogni anno. Siccome molte di queste sono estremamente deboli, sembra probabile, che un numero indefinito di esse, troppo piccole per essere vedute, traversino continuamente il dominio del Sole. Adottando per l'origine delle comete l'ipotesi di Laplace, noi possiamo supporre una quasi continua caduta di materia nebulare primitiva verso il centro del nostro sistema, della quale le *gocce*, penetrando l'atmosfera della Terra, producano le *meteore sporadiche*, mentre le masse maggiori formano le comete. L'influenza perturbatrice dei pianeti può avere trasformato in ellissi le orbite di molte delle prime e delle ultime. Egli è un fatto interessante, che i movimenti di varie meteore luminose (o *cometoidi*, come forse si potrebbe chiamarle) hanno indicato decisamente un'origine esterna ai limiti del sistema planetario. »

« Ma come spiegheremo (prosegue il prof. Kirk-

wood) in questa teoria i fenomeni delle meteore periodiche? La divisione della cometa di Biela in due parti distinte dà luogo a molte interessanti questioni sulla fisica delle comete. La natura della forza separante resta a scoprire; ma è impossibile dubitare che essa non sia nata dal potere divellente del Sole, qualunque sia stato il modo di operazione.... Molti fatti riferiti dagli storici rendono altamente probabile, se non certo, che altre divisioni di comete, oltre a quella della cometa di Biela, abbiano avuto luogo. Or quella forza, qualunque sia, che ha prodotto una separazione, non può essa ancora dividere ulteriormente? E non potrebbe questa azione continuarsi, fino a che i frammenti siano diventati invisibili? Secondo la teoria oggi generalmente ricevuta, i fenomeni periodici delle stelle cadenti sono prodotti dall'intersezione delle orbite di tali corpi nebulosi con l'orbita annuale della Terra. Ora vi è ragione di credere, che questi anelli meteorici siano molto eccentrici, e sotto questo rapporto intieramente dissimili dagli anelli di vapore primitivo, che secondo la teoria nebulare furono abbandonati successivamente dall'equatore solare; in altre parole, che la materia, di cui sono composti, si muova piuttosto in orbite *cometarie*, che in orbite *planetarie*. Non potrebbero dunque le nostre meteore perio-

diche essere i frammenti di antiche comete ora disfatte, delle quali la materia è stata distribuita lungo la loro orbita? »

Queste speculazioni furono pubblicate nel 1861 in una rivista Americana, ed è probabile che neppure oggi sarebbero giunte a notizia del pubblico astronomico Europeo, se l'Autore stesso non le avesse riprodotte nel 1867 nel suo *Trattato d' Astronomia meteorica.* Ma nel 1867 queste non erano più novità per i paesi di qua dall'Atlantico; invece di congetture, noi possedevamo già dimostrazioni di molte fra le idee più probabili espresse dal Kirkwood. Che che ne sia, non si può negare al professore Americano il merito di essersi avvicinato alla verità tanto quanto era possibile per via di semplice divinazione.

Ora le divinazioni possono, dirigendo opportunamente le idee degli investigatori, concorrere al progresso della scienza; esse sole però non costituiscono alcun progresso. Anzi l'abuso delle medesime, ottenebrando la via alla verità che pena sempre a farsi luce, può diventare estremamente dannoso. Quante di tali divinazioni vediamo sorgere ogni giorno, che il domani seppellisce inesorabilmente in eterno oblìo? Pur troppo il numero di coloro, che usano la fantasia per istrumento principale delle ricerche scientifiche, è legione: e la confu-

sione che ne nasce nella mente di chi vuol seguire i progressi del sapere è ancora il minore dei mali che ne conseguono. Allo studioso, assediato da ogni parte da bizzarre ipotesi e da mentite scoperte, non rimane altro che racchiudersi in un severo, talora ingiusto, sempre malgrazioso, scetticismo, e non ammettere la certezza fisica, se non là dove trova, dietro proprio esame, che ad appoggio rilucono in modo incontrastabile i fatti, o per lo meno il consenso unanime degli uomini competenti.

Non sarò dunque tacciato d'ingratitudine ed ingiustizia, se dichiarerò, al prof. Newton di New-haven doversi il merito di aver segnato in questa materia i primi passi, dubbiosi se si vuole e alquanto incerti, sopra di una nuova via, che dovea poi condurre a grandi ed inaspettati risultamenti. Egli è stato il primo nel 1865 a stabilire con molta probabilità, contro l'opinione fin allora prevalente, che le orbite delle meteore non sono prossimamente circolari come quelle dei pianeti, ma che esse si avvicinano a quelle delle comete. Una simile investigazione, fatta poco dopo da me indipendentemente dal prof. Newton, condusse ad un identico, ed anzi più categorico risultamento. Assicurato questo punto di partenza, la via ad ulteriori processi era grandemente appianata. Io non

starò qui a spiegare le ragioni, dedotte principalmente dalle speculazioni cosmogoniche di Herschel e di Laplace, nè la serie di deduzioni parte esatte, parte dubbie ed appartenenti più al regno del possibile, che a quello del reale, le quali condussero a sospettare, che fra le meteore e le comete dovesse esistere qualche relazione più intima, che la semplice similitudine nella forma delle orbite. Il passo qui sopra addotto del prof. Kirkwood del resto può darne un saggio. Basterà dire, che tale relazione intima sullo scorcio dell'anno 1866 e sul principio del 1867 si manifestò chiaramente agli occhi di tutti, nella scoperta dell'associazione delle principali correnti meteoriche con altrettante comete in una medesima orbita: associazione in virtù della quale ciascuna delle suddetti correnti fu trovata contenere in sè come parte integrante una cometa, e divenne certo, che ognuna di queste comete è nel suo corso accompagnata da un lungo codazzo di stelle meteoriche percorrenti un'orbita identica a quella della cometa, o poco diversa. Stabilito questo risultato, poco importa di esporre minutamente la via non sempre diritta, per cui ci si pervenne, e meno ancora occupare la storia di queste ricerche collo spettacolo poco edificante delle debolezze umane, da cui non andò immune neppure la scoperta di questi veri.

Nello scopo di mostrare per qual semplice via oggi si possa riuscire a dimostrare la relazione delle correnti meteoriche colle comete percorrenti una medesima orbita, partirò da un lemma fondamentale e di facilissimo intendimento (fig. 4). Sia S il Sole e P un corpo qualunque slanciato nello spazio nella direzione PT con una certa velocità. Se il Sole non esercitasse alcuna attrazione sopra il corpo P, è palese, che questo continuerebbe indefinitamente la sua strada nella direzione primordiale PT. L' attrazione solare però col suo persistente influsso devierà il cammino del corpo P, nei primi istanti di poca quantità, poi col crescer del tempo di quantità sempre maggiori in guisa che il corpo P finirà per descrivere un' orbita curvilinea, cioè una sezione conica PQ, tangente alla direzione iniziale PT. Se noi ora supponiamo che dopo del primo corpo un altro sia da quel luogo medesimo P slanciato nella direzione stessa PT con la medesima velocità, che fu impressa al primo corpo; manifestamente il secondo corpo si muoverà sotto l' azione di cause identiche a quelle che muovevano il primo, e quindi seguirà esattamente la stessa orbita PQ. Lo stesso si può dire di un terzo e di un quarto corpo, che da P sia spinto nella direzione PT con la stessa velocità che fu attribuita ai primi corpi. Tutti de-

scriveranno l' orbita PQ. E questo esprimeremo generalmente, dicendo, che se da uno stesso punto dello spazio planetario partono più corpi animati da una medesima velocità secondo una medesima direzione, tutti questi punti descriveranno la medesima orbita intorno al Sole. — Inversamente se dalla regione X dello spazio arriveranno più corpi in P con velocità uguale e con direzione identica, potremo concludere, che essi descrivevano intorno al Sole orbite identiche prima di arrivare in P. Infatti se dopo esser giunti in P questi corpi continuano la loro strada, essi percorreranno, per ciò che sopra fu detto, la stessa orbita PQ comune a tutti; dunque comune a tutti era anche l' arco anteriore XP della medesima orbita, essendo impossibile, che più sezioni coniche coincidano intieramente lungo l'arco PQ senza coincidere in tutto il resto del loro corso.

Applicando ora questo lemma alle stelle meteoriche, noi conchiuderemo in prima, che quando più stelle meteoriche cadono sopra la Terra nella medesima direzione con uguale velocità (quando cioè formano una pioggia meteorica divergente da un medesimo radiante), questi corpi hanno percorso, prima di cadere, orbite identiche nello spazio celeste, ed hanno quindi formato una corrente meteorica intorno al Sole. Quindi si giustifica la sup-

posizione per cui si afferma, che ad ogni pioggia di stelle cadenti corrisponde una corrente meteorica nello spazio planetario.

Applicando il medesimo lemma alle comete, diremo. Se l'orbita d'una cometa interseca in un punto l'orbita della Terra, e se la cometa arriva in quel punto con la medesima velocità e con la medesima direzione, con cui vi arriva una corrente meteorica; cometa e corrente saranno astrette a percorrere la medesima orbita intorno al Sole, e si troveranno associate fra loro in modo indissolubile, e vi sarà fra l'una e l'altra una relazione dipendente del modo con cui si generano le une e le altre.

Come esempio consideriamo le Leonidi, che sogliono apparire intorno al 14 Novembre di ogni anno, divergendo da un pnnto del cielo collocato nella testa del Leone. Questi corpuscoli formano evidentemente una corrente meteorica, i cui elementi percorrono nello spazio press'a poco la medesima orbita; e quest'orbita taglia l'orbita della Terra nel luogo, dove il nostro pianeta suole trovarsi il 14 di Novembre. Ora ricercando nel catalogo delle comete, si trova che esiste una cometa, cioè la cometa unica del 1866, scoperta dal signor Tempel, la cui orbita *anch' essa* incontra l'orbita della Terra (o passa vicinissimo all'orbita

della Terra) proprio nel punto, in cui il nostro pianeta suole trovarsi il 14 di Novembre. Conoscendo l'orbita della cometa è facile dimostrare, che se la Terra e la cometa arrivassero insieme al punto dove s' intersecano le loro orbite, la cometa cadrebbe sulla Terra, e gli abitatori del nostro pianeta la vedrebbero con spavento arrivare appunto *dalla testa del Leone,* come farebbe una qualunque delle Leonidi! che se a queste coincidenze aggiungiamo, che il periodo della rivoluzione della cometa del 1866 intorno al Sole è esattamente uguale al periodo dei ritorni delle Leonidi, cioè a 33 anni e $^1/_4$; avremo in mano quanto basta per pronunziare con geometrica certezza, che nel punto comune all' orbita terrestre, all' orbita delle Leonidi, ed all' orbita della cometa, le Leonidi e la cometa arrivano *nella medesima direzione colla medesima velocità,* che quindi le loro orbite coincidono intieramente in tutta la loro estensione; onde una relazione genetica fra la cometa del 1866 e le Leonidi diventa, se non assolutamente certa, almeno probabilissima. « Questa « coincidenza, diceva su tal proposito sir J. Her- « schel, è tale da non lasciar alcun dubbio sulla « comunanza d' origine delle meteore e delle co- « mete ».

Ma un caso isolato di questa natura offrirebbe

ancora alcun punto d'attacco alla critica superlativa, di cui qualche scienziato talora fa pompa quasi per compensare la credulità cieca che mostra in altre cose. Armandosi del calcolo delle probabilità, potrebbe infatti costui dimandare se tale coincidenza non sarebbe forse puramente accidentale? A questa domanda, che fu veramente fatta, la Natura ha risposto nel modo più incontrastabile, offrendo nei quattro casi meglio determinati e più conosciuti di piogge meteoriche, altrettante comete recenti e ben determinate, che percorrono con quelle piogge orbite identiche nello spazio celeste. Il primo caso constatato fu la relazione da me trovata fra le Perseidi del 10 Agosto e la splendida cometa del 1862: secondo venne il caso, notato da Peters, delle Leonidi di Novembre e della cometa del 1866. Il terzo caso fu notato da Galle e da Weiss ed accenna ad un legame fra la prima cometa del 1861 e la pioggia meteorica del 20 Aprile. Finalmente il quarto riguarda la cometa di Biela, la cui relazione con certe meteore anteriormente osservate era già stata fin dal 1867 notata da d' Arrest e da Weiss, e fu splendidamente confermata ed illustrata della bella pioggia meteorica del 27 Novembre 1872. — Oltre a questi casi, alcuni altri se ne conosce, dove la relazione fra comete e piogge meteoriche corrispondenti

è meno sicura e più contestabile; onde non ne faremo parola, aspettando che studi e osservazioni ulteriori abbiano a confermarli, o a dimostrarne l'insussistenza.

Nell'intento di mostrare chiaramente all'occhio la forma di queste principali orbite meteoriche e la loro posizione nel sistema solare, ho delineato la Tavola II, nella quale la lunghezza di cinque millimetri rappresenta il raggio medio dell'orbita della Terra intorno al Sole, ossia uno spazio di circa 80 milioni di miglia italiane. In essa, per evitare la confusione, ho disegnato soltanto le orbite dei quattro grandi pianeti superiori, Giove, Saturno, Urano e Nettuno, tralasciando tutte le altre orbite planetarie inferiori, da quelle dei piccoli pianeti in giù. Come è noto, queste orbite sono quasi circolari, sono anche quasi, ma non esattamente, concentriche; esse si trovano giacere in piani poco diversi e si può senza error grave supporre, che tutte quattro siano contenute in uno stesso piano, che è quello del foglio. Il punto S figura la posizione del Sole.

Le quattro curve ellittiche, delineate per maggior chiarezza con diverso modo di tratti nella Tavola II, rappresentano orbite percorse dalle quattro comete poc'anzi mentovate, in compagnia delle correnti meteoriche corrispondenti. Di tali curve

la più piccola è segnata con tratto nero continuo, ed è quella percorsa dalla cometa di Biela e dalle meteore del 27 Novembre 1872. Quest'orbita è percorsa nel brevissimo periodo di 6 anni e due terzi; tale è l'intervallo, in capo al quale si verificò più volte il ritorno della cometa, dal 1772, anno della sua scoperta, fino al 1852, anno in cui fu veduta per l'ultima volta. Quanto alla corrente meteorica, la sua struttura e densità è ancor troppo poco conosciuta, per poter affermare che la pioggia meteorica corrispondente abbia a rinnovarsi entro un periodo uguale a quello della cometa. Cometa e corrente però non si allontanano molto dal Sole, e soltanto di poco oltrepassano la distanza di Giove. Il piano della loro orbita non coincide esattamente col piano principale del sistema planetario, ed è inclinato su quello di circa 13 gradi. Quella parte dell' ellisse, che è a destra della linea retta SN_1 deve immaginarsi alquanto elevata sul piano del foglio; l' altra parte deve immaginarsi d' altrettanto depressa sotto il medesimo piano. Le saette della figura, che indicano la direzione di tutti i movimenti, mostrano, che la cometa di Biela e le sue meteore girano intorno al Sole nel medesimo senso, in cui intorno al Sole si avvolgono tutti i pianeti.

Quella delle curve, che è seconda in grandezza,

ed è segnata con una serie di punti rotondi, rappresenta l'orbita della cometa di Tempel del 1866, e nel medesimo tempo il cammino delle Leonidi del 14 Novembre. La direzione del movimento indicata dalle due saette tracciate lungo l'orbita stessa è contraria alla direzione in cui si muove la cometa di Biela, ed a quella in cui si aggirano intorno al Sole tutti i pianeti; per questo si dice, che la cometa del 1866 e le meteore Leonidi da essa dipendenti hanno un moto *retrogrado*. Il tempo rivolutivo in quest'orbita è di 33 anni e un quarto, e a quest'intervallo corrispondono non solo successivi ritorni della cometa di Tempel, ma anche rinnovamenti d'intensità della pioggia meteorica corrispondente, come dal 902 in qua per ripetute osservazioni si è fatto manifesto. L'orbita oltrepassa d' alcun poco quella d'Urano, e presentemente si avvicina abbastanza ad essa: ciò che diede occasione ad alcuno di credere, che alle perturbazioni di questo pianeta si deva il breve periodo e la dissoluzione parziale della cometa di Tempel in corrente meteorica. Il piano dell'ellisse è inclinato su quello del foglio di soli 18 gradi: la parte della curva, che è a sinistra della linea SN_{11} deve immaginarsi sollevata un poco sopra il piano del foglio, l'altra parte d'altrettanto depressa sotto questo piano.

La curva segnata con punti alternamente rotondi e oblunghi, che è più ampia delle due precedenti, è l'orbita delle Perseidi del 10 Agosto, e della grande cometa del 1862 (Cometa 1862 III). Essa è lunga non meno di 48 raggi dell'orbita terrestre e passa al di là di Nettuno in regioni distantissime dal Sole, fuori dei limiti del mondo planetario conosciuto. Non è stato possibile delinearla per intiero nel foglio: si avrà un'idea dell'ampiezza di questa ellisse, osservando che il suo centro si trova fra le orbite di Urano e di Nettuno nel punto segnato C, e che essa si estende al di là di C altrettanto, che di qua del medesimo punto. In questa immensa ovale si aggira la grande cometa del 1862, ed impiega a fare il suo giro 121 a 122 anni, secondo il calcolo del Prof. Oppolzer. La corrente meteorica sembra occupare, colla sua lunghezza, se non tutta questa orbita, almeno una parte considerevole, come è attestato dalla regolarità, con cui si ripete ogni anno l'apparizione delle Perseidi. L'orbita è fortemente inclinata sul piano generale del sistema solare; l'inclinazione del suo piano su quello del foglio bisogna immaginare che sia di 66 gradi; o più chiaramente per aver un'idea esatta della sua posizione bisogna immaginare che tutta l'ovale giri intorno alla retta SN_{III} come cardine, in modo che la parte a destra

della linea suddetta si elevi sopra il piano del foglio all' obliquità di 66 gradi, e il rimanente (che è la porzione di gran lunga maggiore) si abbassi sotto il piano del foglio, girando intorno a SN_{111} finchè abbia raggiunto una obliquità uguale. L'orbita delle Perseidi giace dunque quasi tutta intiera *sotto* il piano generale del sistema solare.

Finalmente la curva segnata con punti oblunghi rappresenta una piccola parte della sterminata ellisse percorsa dalla I cometa del 1861 in compagnia delle meteore periodiche del 20 Aprile. Questa ellisse ha una lunghezza più che doppia dell'orbita or or descritta delle Perseidi, e si spinge nello spazio alla distanza di circa 110 raggi dell'orbe terrestre; la rivoluzione non è conosciuta che prossimamente, e si crede essere di 415 anni, o alcuna cosa di simile. Nel disegno non si è potuto segnarne che un piccolo arco, perchè a descriverla tutta sarebbe occorso un foglio di troppo smisurate dimensioni. Il suo piano è quasi perpendicolare al piano delle orbite planetarie, onde per aver un'idea della sua vera posizione nello spazio bisogna immaginare che la parte inferiore alla linea SN_4 si abbassi sotto il foglio e l'altra parte si elevi sopra d' esso quasi perpendicolarmente, girando ambedue intorno alla linea SN_4 come cardine. La pioggia meteorica del 20 Aprile presen-

temente non è molto splendida, ma è tuttavia discretamente regolare, come risulta dalle osservazioni degli ultimi anni; onde sembra che la corrente meteorica anche qui occupi una porzione notabile dell' ellisse se non tutta intiera l' ellisse.

Tale è la disposizione generale delle principali correnti meteoriche ora attive, di cui si riconobbe la connessione con qualche cometa. Resta ora ad indicare più esattamente la loro relazione coll'orbita terrestre, e a far vedere, quali sono le circostanze del loro incontro col nostro globo. A tal fine adoprerò la figura 5 la quale non è altro che la parte più centrale, e vicina al Sole, della Tavola II, delineata in scala molto maggiore; in essa per vantaggio di chiarezza è stata ommessa l' orbita delle Perseidi e quella delle meteore d'Aprile, come quelle che uscendo molto dal piano generale in cui sono contenute tutte le altre, non possono essere rappresentate in modo confacente allo scopo che ora mi propongo, e domanderebbero un modello a tre dimensioni, non un disegno piano. In questa nuova figura la curva simile a un circolo rappresenta l'orbita terrestre, S il Sole. La curva ovale su cui è scritto: *Leonidi* indica quella parte dell'orbita delle Leonidi, che ha potuto capire nel foglio: la curva ovale su cui è scritto: *Cometa di Biela* segna, come nell' altra figura, parte dell' orbita

della cometa di Biela e delle relative meteore. Le saette indicano le direzioni dei movimenti. Tutte e tre le orbite trovandosi in piani fra loro poco inclinati, la loro disposizione vera nello spazio differirà poco da quella del disegno. Tuttavia, a cagione della lieve inclinazione delle orbite sul piano dell' orbe terrestre, una parte di queste linee ovali sarà sotto il piano del foglio, l' altra parte sopra; veramente, della porzione qui visibile dell' orbita delle Leonidi nel piano del foglio non vi sarà che il punto T, in cui essa incontra l'orbita della Terra: della porzione qui visibile dell'altra orbita non vi sarà nel piano del foglio altro che il punto T', dove essa pure incontra l' orbita della Terra.

Consideriamo dapprima l' incontro della Terra colle Leonidi percorrenti la loro orbita ellittica. La Terra giunge al punto T della sua orbita intorno al 14 Novembre, camminando da destra a sinistra. Le meteore di Novembre invece arrivano in T percorrendo la loro ellisse da sinistra a destra: esse camminano incontro alla Terra, e l'urto succede con una velocità quasi uguale alla somma delle due velocità della Terra e delle meteore. La Terra ha in T una velocità di 29 mila metri per minuto secondo, le meteore una velocità di 43 mila metri, l' incontro o l' urto corrisponde dunque ad una velocità di quasi 72,000 metri, e tale è la ve-

locità con cui noi vediamo cadere le Leonidi nella nostra atmosfera. Questa è all'incirca la più grande velocità possibile nelle cadute meteoriche.

Se la corrente delle Leonidi occupasse tutta intiera l'orbita loro, e fosse dappertutto ugualmente densa, ogni anno all' arrivare della Terra in T, cioè intorno al 14 Novembre, dovremmo subire l' urto di una splendidissima pioggia meteorica, come furono quelle del 1799, del 1833, e del 1866. Ma poichè queste splendide piogge hanno il *maximum* d' intensità in un anno determinato del periodo e tosto affievoliscono nei quattro o cinque anni seguenti, per ridursi a poco o meno che nulla nel resto del periodo di 33 ¼ anni: dobbiamo concludere, che la corrente meteorica occupa sull' orbita colla sua parte più densa un arco non molto lungo; che una parte consecutiva meno densa occupa un' altra porzione eguale a circa un sesto del totale, e che finalmente il resto dell' orbita è quasi vuoto, e che lungh' essa la corrente esiste, ma in un grado estremamente debole di densità. Quando ad intervalli di 33 ¼ anni passa in T la parte più densa, succede il *maximum* dei grandi ritorni delle Leonidi; nei cinque o sei anni seguenti passa in T la parte di densità mezzana, e si hanno piogge di Leonidi ancora distinte, ma non splendide: nel resto del periodo non rimangon che

tracce del fenomeno, come è avvenuto quest'anno e come probabilmente avverrà nei prossimi anni fino alla fine del secolo corrente, quando verso il 1799 e il 1800 rivedremo la parte più densa. La cometa del 1866 si trova in testa a tutta la corrente, e sembra precedere la parte più densa del codazzo.

Assai diversamente si comportano la cometa di Biela e le meteore da essa dipendenti. Queste meteore arrivano nel punto T_1 dove si trova la Terra il 27-28 Novembre, con una velocità di circa 40 mila metri per minuto secondo, e vi arrivano *inseguendo* la Terra, la quale corre verso T_1, nello stesso senso, ma con soli 29 mila metri di velocità. La Terra dunque fugge dall'urto, ma essendo meno veloce, è dalle meteore *raggiunta*, anzi a raggiungerla più presto le chiama colla propria attrazione; calcolato ogni cosa, si trova che le meteore di questa corrente urtano la Terra colla sola velocità di 19 mila metri per minuto secondo, che è quasi quattro volte minore della velocità, con cui abbiam veduto cader le Leonidi. Quindi si spiega l'universale consenso, con cui tutti gli osservatori del fenomeno del 27 Novembre scorso hanno dichiarato, esser stato comparativamente lento il moto apparente delle meteore cadute. Si può altresì spiegare, colla piccola intensità del-

l'urto, la piccola luce che svilupparono quelle meteore, in comparazione collo splendido fiammeggiare delle Leonidi.

Queste due correnti possono considerarsi come due casi estremi della massima e della minima velocità con cui le stelle meteoriche possono urtare la Terra. Le Perseidi invece, e le meteore del 20 Aprile non incontrano la Terra movendosi oppositamente ad essa, nè la inseguono, ma la prendono *di fianco* nel suo movimento; le velocità delle loro cadute sono anche di grado intermedio. Le Perseidi cadono colla velocità di quasi 60,000 metri per secondo, le meteore del 20 Aprile con quasi 51,000 metri.

Questi casi bene conosciuti e studiati di correnti meteoriche possono darci un'idea di quello che sarà per le altre. Stando all'ultimo catalogo pubblicato dal signor Greg, si osserva lungo l'anno la ripetizione periodica di 132 radiazioni distinte. Nè questo è certamente un numero uguale al vero: perchè le osservazioni su cui quel catalogo è fondato non sono complete, e di più abbracciano soltanto le radiazioni osservate nell'emisfero boreale della Terra. Stando a quella proporzione, le radiazioni principali visibili in tutto il cielo dovrebbero essere almeno 200. E sebbene io abbia ragione di credere, che anche questo numero sia

grandemente inferiore alla verità; pure staremo con esso, e ne conchiuderemo, che la Terra incontra lungo il suo corso annuale almeno 200 correnti meteoriche diverse, descriventi ciascuna con moto periodico la sua orbita intorno al Sole; orbita fortemente ellittica, come quella delle comete periodiche. Queste correnti, assai meno popolate di meteore che le quattro più specialmente descritte qui sopra, non sono neppur esse composte di materia continua, ma contengono minutissimi corpuscoli separati da grandi intervalli, e sono talmente rare, che due o tre o più possono urtare insieme la Terra, e attraversare nel medesimo tempo il medesimo spazio senza offendersi a vicenda: producendo così, nelle notti ordinarie dell'anno, quella confusione di più piogge meteoriche, che aveva da principio condotto all'idea delle meteore *sporadiche*.

Ma il numero delle correnti meteoriche, che attraversano gli spazi planetarii, apparirà ben ancora più grande, quando si noti, che le 200 correnti sopradette sono legate alla condizione di attraversare in qualche punto il cammino descritto annualmente dalla Terra intorno al Sole; condizione, senza della quale elle non potrebbero incontrare il nostro pianeta e rendersi a noi visibili. Or quale sarà la moltitudine delle correnti meteoriche, le

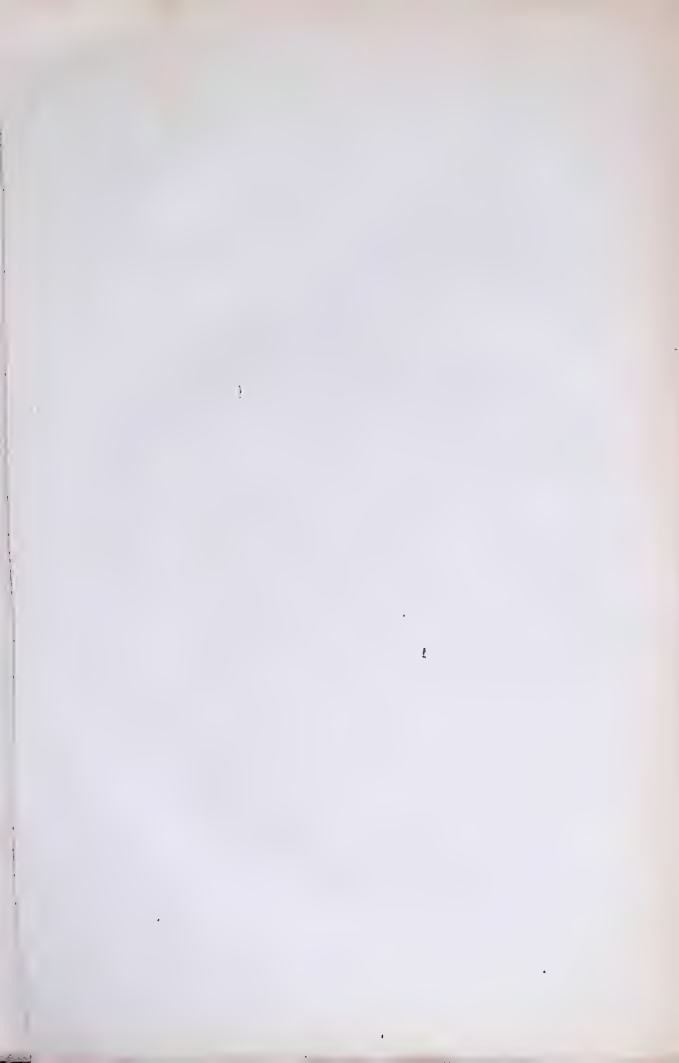
quali, non incontrando l'orbita della Terra, rimarranno in eterno a noi incognite ed inesplorabili? Senza dubbio bisognerà calcolarle per molte e molte migliaia. Così noi vediamo, che lo spazio compreso fra le orbite dei pianeti, e gli altri spazi che stanno dalle due parti del gran piano fondamentale del sistema planetario, non sono già vuoti, o appena raramente visitati da qualche cometa: essi contengono un numero immenso di corpuscoli minuti, raccolti in correnti, e aggirantisi intorno al Sole in orbite allungate. Sebbene a ciascuno di questi corpuscoli non si possa attribuire che una massa piccolissima, pure la lor moltitudine è così sterminata, e lo spazio da essi riempito è talmente grande, che la loro totalità può forse formare una massa non affatto trascurabile nel computo dei movimenti planetarii. L'esperienza futura potrà anche decidere questo punto.

Così il concetto dell'Universo si viene allontanando sempre più dall'ideale geometrico così caro alle nostre menti, e sempre più si viene complicando di particolarità fisiche accidentali, di cui è impossibile tener conto esatto col calcolo. Nè poteva essere altrimenti. Checchè in fatti sia stato disputato in proposito, sarà sempre vero, che l'Astronomia non è una scienza matematica, come volevano gli Antichi e alcuni moderni ancora vo-

gliono; ma una scienza naturale, la quale come scienza naturale vuole esser trattata. L'indole semplice dei suoi problemi la rende più accessibile al calcolo, che le altre scienze naturali, e per questo è avvenuto, che l'analisi e la geometria hanno riportato nel suo campo così luminosi ed insperati trionfi. Ma l'analisi e la geometria qui sono mezzi di studio, non essenza del sapere astronomico: aiuti utilissimi anzi indispensabili, non completa ed unica misura dei fenomeni.

LETTURA TERZA.

Congetture probabili sulla origine delle stelle cadenti.

Idea generale del modo, con cui le comete si suppongono generare correnti meteoriche. — Come dal dissolversi totale o parziale di una cometa si possa generare una tale corrente. — Divisione delle comete; fenomeni della cometa di Biela. — Altri casi di divisione delle comete. — Struttura granulare di molti nuclei cometari. — Forze che producono la separazione delle loro parti. — Come l'attrazione solare si possa convertire in forza dissolvente. — Alcune quistioni sulla dissoluzione e sulla distruzione delle comete.

Tre gradi formano il corso completo, in cui si muove il processo induttivo della nostra intelligenza nello studio della natura. Il primo grado è quello dell' osservazione e della classificazione; il secondo comprende lo studio formale delle leggi, a cui si possono ridurre le cose osservate; nel terzo si risale alle cause, da cui provengono le dette leggi, o per lo meno si riducono queste leggi ad altre più generali e di ordine superiore. Nello studio delle stelle cadenti noi abbiamo seguito appunto questa strada. E così, dopo aver nella prima lettura esposto in generale i principali fenomeni delle stelle meteoriche, nella seconda siamo pervenuti a definire la norma della loro distribuzione e dei loro movimenti nello spazio. Non rimane dunque, che ascendere il terzo grado, e determinare, se è

possibile, per qual serie d'eventi abbiano potuto formarsi e trovarsi associate alle comete quelle singolari agglomerazioni di corpuscoli, che si muovono intorno al Sole in forma di correnti o di armille meteoriche. In quest'ultimo stadio non è più possibile di raggiungere il medesimo grado di certezza, che nei primi due. Nè ciò dee far meraviglia. Poichè il primo dei tre gradi, cioè l'osservazione dei fenomeni, non dipende che dalla constatazione immediata di fatti, e gode di tutto quel grado di fede, che si può raggiungere coi nostri sensi. La determinazione delle leggi dipende nel presente caso da ragionamento geometrico, e conduce quindi a risultati di certezza non minore, che quella delle osservazioni. Ma il risalire alle cause domanda nell'attuale problema la cognizione esatta di certe parti della fisica celeste, che al presente sono ancora poco esplorate. Le idee adunque, che verrò esponendo, malgrado l'assentimento sempre più generale che vanno acquistando, e malgrado la conferma, che sembrano ricevere da recenti osservazioni, possono esser presentate come speculazioni probabili, anzi, oserò dire, come speculazioni molto probabili; ma non raggiungono la completa certitudine fisica.

La tesi, a cui un esame diligente di tutti i fatti conosciuti ha condotto gl'investigatori, è la se-

guente: *Le correnti meteoriche sono il prodotto della dissoluzione delle comete, e constano di minutissime particelle che certe comete hanno abbandonato lungo la loro orbita in causa della forza disgregante, che il Sole od i pianeti esercitano sulla materia rarissima, di cui sono composte.*

Notissima è la costruzione generale delle comete. In esse vi ha sempre una parte più densa, spesso tanto densa e brillante, da meritare il nome, che le fu dato, di *nucleo* della cometa. Questa parte è il vero centro di tutte le svariate apparizioni ed appendici, che offrono le comete: essa è quella che percorre intorno al Sole un' orbita regolare, seguendo le leggi di Keplero. Tutto il rimanente, che circonda il nucleo, atmosfera, chioma, e coda, presenta spesso, sotto l' influsso del calore solare, i più curiosi spettacoli, che possono vantare gli annali del cielo; ma la massa di queste appendici, e la loro densità è quasi nulla in confronto di quella del nucleo o della parte più centrale della testa. Ora la disgregazione, dal cui effetto diciamo derivare le correnti meteoriche, deve intendersi così, che alcune porzioni della materia della cometa vengono poco a poco allontanate dal centro principale dell' astro, e sottratte alla sua influenza attrattiva. Queste porzioni, intieramente libere dal

dominio del nucleo, cominciano a percorrere accanto ad esso un' orbita propria intorno al Sole, come astri indipendenti; e la probabilità di esser ricondotte sotto l' azione del nucleo essendo per esse piccolissima, finiscono per separarsene definitivamente, allontanandosi viepiù da quello.

Perchè si comprenda, come dallo sciogliersi del legame che collega la materia cometica al suo nucleo nascano le correnti meteoriche appunto nella forma che ho descritto nella lettura II, consideriamo in S (fig. 6) il Sole, in C il nucleo di una cometa, in H una particella di materia cometica, che in seguito a cause da descriversi più tardi, si sia disgregata del nucleo, e si sia ora portata poco a poco fuori della azione di quello, in modo da descrivere un'orbita propria e indipendente intorno al Sole. La distanza CH è, nel momento della separazione, assai piccola in confronto della distanza SC; e come i due corpi C ed H quando erano riuniti correvano con la stessa velocità intorno al Sole, ora anche dopo la separazione si muoveranno con velocità uguali o almeno pochissimo differenti. I due corpi adunque percorreranno nello spazio orbite poco diverse, e se queste orbite sono ellittiche, il tempo del loro giro intorno al Sole sarà quasi uguale per l' uno e per l'altro. Tuttavia non ne seguirà, che essi debbano sempre

accompagnarsi nel loro viaggio celeste a piccola distanza l'uno dall'altro. Se infatti per esempio supponiamo, che la rivoluzione di H nella sua orbita sia di una centesima parte più breve che quella di C, è manifesto che, ad ogni giro intorno al Sole, H anticiperà sulla posizione di C di un centesimo del giro stesso, e dopo dieci giri H avrà avanzato di 10 centesimi di giro, e dopo cinquanta giri H avrà avanzato di cinquanta centesimi, o di mezza rivoluzione. Coll'andar del tempo dunque H potrà occupare rispetto a C nella sua orbita tutte le configurazioni possibili. In un solo caso questo non succederà: cioè quando la rivoluzione di H intorno al Sole si faccia in un tempo matematicamente uguale alla rivoluzione di C. Ma questo è infinitamente poco probabile che avvenga; e dato che avvenisse, non potrebbe durare; le perturbazioni planetarie, esercitandosi sui due corpi con diversa intensità, tosto produrrebbero quella differenza di tempi rivolutivi, che prima non esisteva.

Un esempio illustre di questi avvenimenti, che ora ho descritto, è stato osservato sulla cometa di Biela nel 1845. Questa cometa, di cui già ho avuto occasione di descrivere il corso nella lettura precedente, è una fra quelle di breve periodo, ed è stata osservata già più volte nei suoi ri-

torni. Scoperta da Montagne nel 1772, poi da Pons nel 1805, fu ritrovata e riconosciuta come periodica da Biela e da Gambart nel 1826, e dal nome di questi scopritori suole chiamarsi talora cometa di Gambart, altre volte e più spesso, cometa di Biela. Il calcolo del suo corso fu oggetto principalmente dei lavori del Prof. Santini e del Prof. Hubbard. Questa cometa, come tutte quelle che generano correnti meteoriche a noi visibili, ha la proprietà, che la sua orbita interseca l'orbita della Terra, o passa a questa assai da presso. Come tutte le comete, essa si fa visibile a noi soltanto nella parte inferiore della sua orbita, cioè in quell'arco, che è più vicino al Sole. Dopo il 1826 essa ritornò nel 1832, nel 1839, nel 1845 e nel 1852. Nella apparizione del 1832 il suo aspetto non offrì nulla di straordinario: una piccola nebulosità senza coda. Nel 1839 non fu veduta, trovandosi, al tempo della visibilità, in una configurazione sfavorevole rispetto alla Terra ed al Sole: ma grande fu la meraviglia, quando al suo ritorno seguente, sullo scorcio dell'anno 1845, si scoperse che la cometa era divenuta doppia! Non si è potuto determinare con certezza l'epoca di questa divisione. Hubbard inferisce dai suoi calcoli, che questo fenomeno ha dovuto succedere nel Novembre del 1844, cioè circa un anno prima che la cometa si rendesse vi-

sibile, nell'apparizione del 1845, agli osservatori: (essa fu veduta per la prima volta a Roma il 26 Novembre 1845). La duplicità della cometa del resto da principio rimase inavvertita, forse a cagione delle grandi fluttuazioni di luce che rendevano meno visibile or l'uno or l'altro dei due capi: così che sebbene Herrick e Bradley a Newhaven già constatassero quella duplicità fin dal giorno 29 Dicembre 1845, le osservazioni regolari dell'apparenze fisiche dei due capi non cominciarono che col 13 Gennaio 1846 per opera di Maury all'osservatorio di Washington, e in Europa più tardi ancora, cioè il 15 Gennaio all'osservatorio di Königsberg. Secondo i calcoli di Hubbard la distanza fra le due parti il giorno 10 Febbraio 1846 quando la cometa si trovò nella massima vicinanza al Sole, fu di 160 mila miglia italiane; esse si seguivano descrivendo orbite quasi assolutamente identiche intorno al Sole e la seconda parte correva dietro alla prima ad un intervallo di *due* ore: vale a dire, che la seconda cometa occupava quasi esattamente ad ogni momento la posizione, in cui l'altra si era trovata due ore prima.

Nell'apparizione consecutiva la cometa fu riconosciuta per la prima volta dal R. P. Secchi nel grande rifrattore di Roma il 25 Agosto 1852; ma per allora ne fu visto un solo capo: l'altro

non fu trovato che il 16 Settembre consecutivo ad una distanza dal primo molto maggiore di quello che s' aspettava. Anche questa volta si notarono fluttuazioni di splendore, che rendevano quasi invisibile or l' una or l' altra cometa. Il 23 Settembre 1852 i due capi passarono nel punto della loro maggior vicinanza al Sole, e la loro distanza reciproca in quel giorno si trovò essere di 1330 mila miglia italiane, cioè *otto* volte più grande della distanza osservata nel 1846; la seconda cometa era in ritardo sulla prima già di 16 ore. A tale distanza, che è quasi 7 volte l' intervallo dalla Terra alla Luna, i due capi non potevano più esercitare l' uno sull'altro un' azione attrattiva molto sensibile, ed erano diventati in fatto due astri intieramente indipendenti l'uno dall' altro. Anche i calcoli dell' accennato professore Hubbard hanno dimostrato, che dalle osservazioni del 1846 e del 1852 non è possibile ricavare alcuno anche dubbioso indizio di una azione qualunque attrattiva o repulsiva fra i due capi; il corso di ciascuno potendo accuratamente rappresentarsi colle leggi di Keplero e colle perturbazioni planetarie senza introdurre alcuna nuova forza. Finalmente è dimostrato, che l' uno dei due capi compie il suo giro intorno al Sole in un tempo alquanto più breve che l' altro; la differenza è,

secondo Hubbard, di 18 ore e 5 minuti, ciò che sopra una durata del tempo rivolutivo di 6 anni e 223 giorni fa $\frac{1}{3\,200}$ della durata stessa. Quando dunque il più lento dei due capi avrà fatto 3200 rivoluzioni, il più rapido ne avrà fatte 3201; ed in tale intervallo avranno preso nelle loro orbite tutte le configurazioni possibili l'uno rispetto all'altro.

Un altro esempio bene constatato di cometa doppia si ha nella prima cometa del 1860, la quale percorse le costellazioni antartiche del cielo e non fu visibile in Europa. Essa fu scoperta nella città di Olinda (Brasile) dal signor Liais il 27 febbraio 1860. I due capi erano molto disuguali di grandezza e di splendore; la loro distanza apparente, che era molto piccola (circa un minuto di grado) lascia congetturare, che la separazione fosse avvenuta poco tempo prima, e forse in quell'apparizione medesima della cometa. Singolarissima poi fu la presenza di due nuclei nella maggiore delle due comete; questo fatto sembra indicare una tendenza ad ulteriore divisione.

Altri esempi di comete doppie o multiple si trovano citati negli storici ma non sempre con autorità bastevole a metterli fuori d'ogni dubbio. Così secondo Eforo, istorico poco veridico, la cometa dell'anno 371 prima di Cristo, la cui apparizione seguì d'alcuni mesi il gran terremoto che

distrusse Elice e Bura città dell'Acaja, prima di scomparire si sarebbe divisa in due stelle. Aristotele però, e Diodoro Siculo, che parlano accuratamente di questa cometa, non menzionano il fatto. Secondo Cassio Dione la cometa dell'anno 11 avanti Cristo, che precedette la morte di Agrippa, « scomparve dissolvendosi in parecchie fiaccole »; ma gli storici chinesi Sse-ma-tsian e Ma-tuan-lin, i quali ne descrivono accuratamente l'apparizione ed il corso, non parlano in alcun modo della divisione.

Maggior fede forse si potrà prestare al medesimo Ma-tuan-lin, ed ai continuatori di Sse-Ma-tsian, quando narrano, che ad una data corrispondente presso di noi al 24 di Giugno dell'anno 415 di Cristo (stile giuliano) comparvero due comete nella divisione del cielo chiamata *Tin-she* (Ercole Serpente ed Ofiuco), le quali ambedue rasentarono la stella *Te-tso* (α di Ercole). Si può pensare che qui si tratti di una cometa doppia: ma non è neppure impossibile, che fossero due comete di corso differente, le quali per caso siansi incontrate in una medesima regione del cielo.

Più categorica sembra la narrazione di Ma-tuan-lin nel libro 294 della sua storia, secondo la quale nell'anno 896 di Cristo sarebbero apparse « tre stelle straordinarie, una grande e due piccole. Esse

furono vedute fra i due asterismi *Hiu* e *Goei* (β ed α dell'Aquario). Ora si avvicinavano, ora si separavano. Camminarono insieme verso l'Oriente per tre giorni, poi le due minori scomparvero: infine scomparve anche la grande ».

Dopo di aver ben compreso quali conseguenze nascono dalla divisione di una cometa in due parti, non sarà difficile farsi un'idea di quello che debba avvenire, quando non una, ma moltissime particelle di una cometa si separino dal centro o nucleo principale, e si sottraggano all'influenza della sua attrazione. Tutti questi corpuscoli incomincieranno a descrivere intorno al Sole orbite fra loro indipendenti, ma poco dissimili dall' orbita del nucleo principale. Nel principio avremo dunque una nube di corpuscoli viaggianti insieme a piccole distanze, come sarebbe una torma d' uccelli di passaggio, od uno sciame d'insetti. Ma siccome è impossibile, che tutti questi corpuscoli si muovano intorno al Sole in un periodo esattamente eguale, le piccole differenze di velocità nel moto di rivoluzione si andranno progressivamente accumulando, e la distanza fra due corpuscoli qualsiasi andrà progressivamente crescendo, siccome abbiam veduto avvenire nelle due teste della Cometa di Biela. La nube si verrà dunque successivamente allungando, e le sue parti si estenderanno progressiva-

mente lungo l'ellisse descritta, e ne occuperanno sempre una porzione maggiore, finchè dopo un numero molto grande di rivoluzioni la nube si sarà trasformata in un anello ellittico completo: e l'anello si formerà, quando le parti più veloci della nube abbiano guadagnato sulle meno veloci una rivoluzione intera.

Tale è la successione di fenomeni, che noi crediamo aver dato luogo alle correnti meteoriche descritte nella precedente lettura. Esse sono prodotte da particelle di materia abbandonata lungo l'orbita da comete divenute incapaci di trattenerle insieme in un sistema unico colla loro intrinseca attrazione. Le stelle meteoriche dunque altro non sono che polvere o farina di comete. Ma tutto questo che qui accenniamo potrebbe a taluno sembrare nulla più che una speculazione geometrica, se non avessimo cura di esporre quelle osservazioni che tendono a stabilirne la fisica realtà. Da queste osservazioni risulterà in modo evidente che le comete hanno, anche nella parte loro che sembra più densa, una struttura granulare, e una tendenza a risolversi, sotto l'azione dei raggi solari, in un gran numero di corpuscoli minutissimi.

Primo si presenta l'esempio della cometa stessa di Biela. Nella medesima apparizione, in cui la cometa per la prima volta fu vista divisa in due, il

nucleo di una delle due teste apparve più volte diviso in varie parti. Maury osservò a Washington il 26 febbraio 1846, che il nucleo aveva un' apparenza confusa e sembrava multiplo. Il 14 Marzo consecutivo questa moltiplicità apparve più distinta, e l' assistente di Maury credette di veder cinque nuclei diversi.

Di questa struttura granulare non rari sono gli esempi fra le comete telescopiche ; nelle quali spesso si vedono luccicare qua e là punti di maggior intensità per guisa , che diventa impossibile fissare il luogo del nucleo principale o centro della cometa. Tale fu per esempio l' aspetto che presentò la II Cometa del 1868 il 18 Giugno di quell'anno, secondo che fu osservato al grande cannocchiale di Lipsia. Tale fu pure la Cometa del 1866 , che accompagna le Leonidi nella loro orbita. Anche la prima Cometa del 1853 ebbe un nucleo multiplo, secondo che riferisce il P. Secchi. Un nucleo secondario si distaccò pure dal nucleo principale della grande Cometa di Donati nel 1858, siccome osservarono Otto Struve e Winnecke al grande cannocchiale di Pulkova. La divisione in molti nuclei fu poi tanto evidente nella grande Cometa del 1618, che essa fu osservata e descritta molto bene dal P. Cysat e da Wendelin , sebbene i cannocchiali di quell' epoca fossero ancora estremamente im-

perfetti. Il P. Cysat vide convertito tutto il corpo della cometa in una *congerie di minutissime stelle.* Ma notabilissimo fra tutti fu l'aspetto presentato dalla Cometa del 1652 dal 21 al 27 Dicembre di quell'anno. Il suo corpo aveva un diametro apparente poco inferiore a quello della Luna: il diametro reale era immenso, almeno 12 o 15 volte il diametro del nostro globo. Questa enorme congerie sferoidale era una agglomerazione informe di parti più dense e più rare e conteneva, oltre ad una massa principale, altre masse minori in numero di quattro o cinque: più un gran numero di altri punti luminosi appena discernibili nei telescopi di quel tempo. Ma la massa principale anch' essa appariva come *una congerie di molti minutissimi corpuscoli.* Sono le parole di Evelio, il più industre e diligente osservatore di quel tempo.

Ma più conclusivo ancora di tutti i precedenti sembra a me il seguente fatto, di cui io medesimo ebbi la fortuna di essere spettatore, e che vidi osservando la splendida madre delle Perseidi, la grande Cometa del 1862. Addì 25 d'Agosto verso dieci ore di sera, il nucleo pella Cometa che fino allora aveva eiettato una specie di getto luminoso simile ad una fiammella di gaz, fu visto eruttar fuori una massa luminosa, la quale crebbe ad un volume a molti doppî più grande, che il volume

proprio del nucleo (fig. 7). Questa massa luminosa avea la figura di una pera; essa era bene contornata da tutte le parti, e rassomigliava ad una piccola nube, nella quale sopra un fondo lucido ad intervalli andavano or qua or là luccicando punti più luminosi simili a piccolissime stelle appena discernibili. Questo interessante fenomeno era totalmente scomparso nel giorno consecutivo. Esso dimostra non solo la struttura granulare della sostanza eiettata in quel tempo dal nucleo, ma anche la potenza delle forze interiori, che erano sufficienti a cacciar quella materia disgregata a distanza di più migliaia di miglia dal nucleo principale.

Rimane ora un' altra questione da esaminare: Qual'è la forza, che separa l' uno dall' altro quei corpuscoli, dalla cui agglomerazione i nuclei di certe comete sembrano in tutto od in parte risultare? Per quanto grande sia l'ignoranza in cui ci troviamo sulla composizione fisica delle comete, pure possiamo assicurare, che almeno due forze qui entrano in azione. Primieramente le forze interne di espansione e di proiezione che il nucleo sviluppa sotto, l'influsso del calore solare, quando la cometa, nel passare vicino al Sole, si gonfia e caccia fuori uno o più zampilli, solleva inviluppi sovra inviluppi, atmosfere sovra atmosfere. In queste violente ri-

voluzioni del corpo cometico, dove tutte le forze fisiche, non domate come sulla Terra lo sono, dalla predominante attrazione di una forte massa centrale, operano senza freno sulla piccola quantità di materia abbandonata al loro furore, non è maraviglia che diventi gazoso quello che prima era liquido o solido, e che sfasciandosi il cemento, che prima riteneva unite le particelle od i corpuscoli cometari, questi diventino preda delle correnti ascendenti, che li trasportano lunge dal centro principale. Il fenomeno da me veduto la sera del 25 Agosto 1862 sembra assai istruttivo sotto tale riguardo.

Ma io dico, che anche astraendo dalle forze interne sviluppate dal calore solare, basta la sola forza dell'attrazione a sciogliere i legami d'una massa molto rara, sia continua, come un vapore ridotto a piccolissima densità, sia divisa in piccole particelle fra loro separate, come sarebbe una nube di corpuscoli minutissimi e separati fra loro da intervalli molto grandi rispetto alle loro dimensioni. Parrà certo a molti un gran paradosso, che la forza di attrazione, invece di concentrar la materia, tenda alcuna volta a disgregarla: eppure nulla sembrerà più naturale a chi abbia la pazienza di seguire la concatenazione logica dei semplici ed evidenti ragionamenti che sto per fare.

Sopra una medesima linea di strada ferrata immaginiamo due convogli che corrano nella medesima direzione, l'uno seguendo l'altro a non grande distanza: e poniamo, che il convoglio anteriore sia tirato da una locomotiva alquanto più potente, e capace di farlo correre con velocità alquanto maggiore dell'altro. Se i due convogli siano indipendenti l'uno dall'altro, è manifesto, che il primo dei due avanzando sulla strada con maggiore velocità, si verrà progressivamente allontanando dall'altro, che rimarrà indietro; e l'intervallo fra i due convogli andrà poco a poco crescendo. Facciamo ora la supposizione, che i convogli sian legati l'uno all'altro con una fune robusta. È palese che al principio del movimento questa fune si tenderà, e per mezzo di essa il convoglio anteriore comunicherà una parte della sua forza al posteriore: di modo che tutti e due i convogli procederanno insieme uniti con una velocità intermedia alle due velocità diverse che avrebbero preso, quando fossero rimasti separati. Ma, se invece d' impiegare a questo scopo una fune robusta, mettiamo una fune troppo debole, essa da principio si distenderà, poi col progresso del tempo si verrà allungando quanto lo comporta l'elasticità delle sue fibre: poi finalmente seguitando a crescere la tensione, si romperà, ed i due

convogli saranno ancora diventati indipendenti fra di loro. Ora qual'è la causa della distensione, dell'allungamento, e della finale rottura della fune? Non altro, che la diversità delle forze, con cui sono spinti i due convogli. Questa diversità basta per sè a costituire una *forza divellente*, che col suo continuo operare sulla fune, finisce per romperla, e per sciogliere in due parti il sistema, che prima era unico.

Invece dei due convogli tratti da locomotive consideriamo ora due punti A B formanti parte di un medesimo corpo celeste (fig. 8) che gira intorno al Sole S: e poniamo che A occupi il centro di detto corpo, B invece si trovi ad una certa distanza da A nella direzione della linea AS. In forza della gravitazione universale, il Sole attirerà a sè i punti materiali A e B; ma siccome questa forza decresce secondo i quadrati delle distanze, ed è tanto minore, quanto più il punto attratto dista da S; così avverrà che il punto più vicino B sarà spinto verso il Sole con forza maggiore che il punto centrale A; onde avremo qui un caso analogo a quello dei due convogli, di cui poc' anzi ho parlato: il risultato finale di questa diversità di attrazioni sarà una forza *divellente*, la quale tenderà a rompere il legame qualsiasi che tiene unito il punto B al centro A del corpo celeste.

Similmente se noi consideriamo un terzo punto C, il quale si trovi sul prolungamente della retta SA, vedremo, che esso sarà attratto verso il Sole con minor forza che il punto A; e per conseguenza anche fra i punti A e C nascerà una *forza divellente* di natura intieramente analoga a quella che abbiam veduto esistere fra A e B. In ambi i casi i punti B e C saranno spinti da questa forza ad allontanarsi dal centro A.

Nel caso in cui il legame fra il punto centrale A e i due punti B e C sia abbastanza saldo per resistere a queste forze divellenti, i due punti B e C non si distaccheranno dal centro A, e il corpo celeste cui essi appartengono rimarrà coerente nelle sue parti e non si discioglierà. Tale è per esempio il caso dei pianeti ed in particolare del nostro globo. Qui il legame che unisce le parti è il *peso*, cioè l'attrazione reciproca che le anima e che supera di gran lunga la forza divellente prodotta dall' attrazione solare. Se supponiamo che B e C siano due corpi collocati alla superficie del nostro globo nelle posizioni che indica la fig. 8, con un facile calcolo si trova, che la forza divellente, la quale tende a separarli dal centro della Terra e a portarli in alto è appena la ventimilionesima parte del peso dei corpi stessi B e C. Perciò quando il Sole si trova perpendicolarmente al nostro zenit, oppure al no-

stro nadir, la forza divellente da esso prodotta scema il peso dei corpi di una ventimilionesima parte, quindi di un milligramma un corpo di venti chilogrammi di peso. Esercitandosi dunque questa forza divellente sulle particelle mobili dell'oceano e dell'aria, tutto il suo effetto si limiterà a sollevare questi inviluppi fluidi di una piccola quantità con fasi alterne dipendenti dalla posizione del Sole; nel che sta il vero meccanismo del flusso e del riflusso del mare e dell'atmosfera. La Luna esercita anch'essa una forza divellente analoga, anzi molto più potente di quella del Sole, perchè essa è a noi molto più vicina. Ma l'effetto di tali forze sulla parte solida del globo sarà assolutamente nullo.

Ma se noi ci poniamo, invece che sulla Terra, in una massa di gaz estremamente rarefatto, o in una nube di corpuscoli minuti disseminati a considerevoli distanze l'uno dall'altro, sarà facile immaginare tali combinazioni, per cui le forze divellenti superino le attrazioni interiori del sistema e le disperdano. Nè per questo occorre fare supposizioni eccessive. Se invece della terra così solida e così densa, si avesse una materia così rara, che 10 metri cubi di essa pesassero 3 grammi nelle nostre presenti bilancie, questa materia non potrebbe più resistere alla forza divellente del Sole e si disperderebbe issofatto. Se invece della Terra

così solida e così densa, si avesse una nube di corpuscoli del peso di un gramma ciascuno, e così fatta, che la distanza media fra due corpuscoli vicini fosse di *due metri* soltanto, questa nube sarebbe già troppo rara per restare unita nello spazio celeste; le attrazioni reciproche dei corpuscoli onde è composta non basterebbero per resistere alle forze divellente del Sole. In poco tempo la nube andrebbe disciolta in tanti corpuscoli fra loro indipendenti, i quali comincierebbero a percorrere orbite poco diverse, e formerebbero col volgere degli anni una corrente sempre più lunga.

Noi abbiamo finora parlato della forza divellente che proviene dall'attrazione del Sole. Ma anche i pianeti possono esercitare una simile forza divellente: soltanto, come la loro massa è assai minore di quella del Sole, per ottenere uguali effetti è necessario che il corpo condannato alla dissoluzione si avvicini loro molto di più. Vi ha buone ragioni per credere, che le comete periodiche descrivessero prima orbite assai diverse dalle ovali che oggi percorrono, e che il loro cambiamento di strada sia dovuto alla forte perturbazione di qualche grosso pianeta. Così si crede che la cometa di Biela sia stata condotta da Giove a percorrere la sua orbita presente. Questo non ha potuto avvenire, se non in causa di un grande av-

vicinamento della cometa al pianeta perturbatore. Mentre dunque si cambiava l'orbita della cometa, si manifestava pure con grande intensità la forza divellente del pianeta perturbatore, ed è possibile che certe correnti meteoriche abbiano avuto principio in questo modo.

Riassumendo le cose fin qui esposte, si conclude: 1.° che le comete, a cagione della grande rarità della loro materia, e della tendenza che hanno a comporsi in una struttura granulare, possono offrir campo alle forze divellenti del Sole (e probabilmente anche dei pianeti) di esercitare la loro influenza. 2.° che l'avvicinamento delle comete al Sole nei periodi delle loro apparizioni, col produrre nella loro struttura i più grandiosi sconvolgimenti, può in grado eminente aiutare a disperderle in parte e dar campo alle forze divellenti suddette di manifestarsi con un più alto grado d'intensità. 3.° che il concorso di queste azioni può verosimilmente bastare a sottrarre alcune parti dell'influsso attrattivo del nucleo principale, rendendole da quello indipendenti. 4.° che, ottenuto una volta questo risultato, la dispersione di quelle parti lungo l'orbita, e la formazione di una corrente è conseguenza inevitabile, e pura questione di tempo.

Prego chi mi ascolta di notare, che la dispersione di cui si tratta si fa lungo l'orbita della co-

meta, e non in altra direzione. Insisto specialmente su questo punto, perchè non venga in mente ad alcuno di confondere la formazione delle correnti meteoriche collo sviluppo della coda delle comete, come più volte è avvenuto (1). La differenza essenziale tra i due fenomeni si comprenderà subito, considerando la figura 9, la quale rappresenta la forma comune che ha l'orbita delle comete, nella parte più vicina al Sole, e la disposizione che sogliono prendere le code delle grandi comete. L'orbita ABCD essendo percorsa da una cometa nel verso indicato dalla saetta, la dispersione della materia del suo nucleo si farà lungo questa linea, come più volte fu detto; quindi la corrente meteorica che ne deriva seguirà pure la linea stessa ABCD. Invece le code si sviluppano partendo dal nucleo *in direzione opposta al Sole* S, siccome il più volte citato chinese Ma-tuan-lin fu il primo a notare fin dal secolo XIII; e come il disegno indica. Esse si ripiegano per lo più all'indietro in forma di pennacchi. Egli è manifesto, che queste code, per-

(1) Nel libro eccellente di SCHELLEN, intitolato *Analisi spettrale*, questo abbaglio è commesso dall'autore non solo per proprio conto, ma anche è attribuito all'autore delle presenti letture. L'opera essendo giustamente stimata e divolgata, sento il dovere di protestare contro questa interpretazione della mia teoria.

dendosi nello spazio celeste produrranno un fenomeno diverso da quello che finora è stato descritto.

Una prova che le correnti meteoriche sono un fenomeno distinto dalle code sta in questo, che le due correnti meteoriche più illustri dei nostri tempi sono connesse con due comete telescopiche, delle quali una (la cometa del 1866) non aveva coda, l'altra (quella di Biela) non mostrò alcun simile appendice all'apparizione del 1852, ed ora è diventata invisibile affatto.

È stato detto mille volte, che le recenti scoperte sulle stelle cadenti « hanno sciolto l'enigma delle comete. » Gli autori di questa sentenza hanno voluto dire con questo, che i nuclei, le chiome e le code delle comete, consistono semplicemente di stelle cadenti e di corpuscoli minutissimi? Vogliono essi inferirne, che l'urto (così scioccamente temuto dal volgo) di una cometa contro la terra abbia a risolversi in una pioggia meteorica? E che sulla costituzione delle comete non vi sia più altro a studiare? Se così è, permettano ad uno che ha studiato molto e senza frutto il problema della costituzione delle comete, di dir loro, che i fatti finora conosciuti non ci danno punto il diritto di andar sì lontano. È possibile, che le parti più dense o i nuclei siano parzialmente composti di quei corpuscoli, ed i fatti addotti in questa lettura lo ren-

dono anzi probabile. Ma la materia delle chiome e delle code cometarie sembra godere di proprietà che alle stelle cadenti non competono. Infatti dopo Bessel si deve riguardare come certo, che sulla materia delle chiome e delle code il Sole esercita una attrazione minore, che sulla materia dei nuclei, anzi qualche volta una vera *repulsione*. Se tal forza repulsiva, o tale minore attrazione operasse sulla materia delle correnti meteoriche, esse andrebbero disperse in un momento; in nessun caso potrebbero accompagnare così fedelmente le comete in una identica orbita.

Prima di terminare voglio rispondere a una questione, che sento fare da tutte le parti. Dunque in tal maniera potrà un corpo celeste essere annichilato e disperso in polvere minutissima? Dunque la cometa di Biela, che nei suoi due ultimi ritorni del 1866 e del 1872 (1) non si è più potuta vedere sarà andata distrutta? Dunque sarà vero che le meteore vedute la sera del 27 novembre 1872, siano, come tanti dissero, il prodotto di questo sfacelo totale?

(1) Quando scrissi queste linee non si era ancora parlato di una scoperta della cometa di Biela, che sarebbe stata fatta dal sig. Pogson a Madras il 2 dicembre 1872. Anche supponendo (ciò che è lontano da ogni probabilità), che la cometa trovata da Pogson sia veramente quella di Biela, non ho nulla a mutare in quello che ho detto.

Che le comete col progresso del tempo si vadano consumando è opinione antica. Keplero l'ha espressa chiaramente or sono 250 anni circa; *Existimo, corpus cometæ, perlui, colari, atteri et denique annichilari, et sicut bombyces filo fundendo, sic cometas cauda exspiranda consumi et denique mori.* Ciò è sopratutto probabile delle comete, che sviluppano una lunga coda. Ed infatti è impossibile che faccia ritorno alla sua sorgente la materia di quelle code, che vediamo stendersi per dieci, venti, e cinquanta milioni di miglia a traverso dello spazio planetario. Questa materia rimane là vagando nello stato di dispersione completa.

Encke riteneva per certo, che la cometa periodica da lui denominata manifestasse uno splendore intrinseco sempre minore da una volta all' altra; e soleva dire, sebbene non lo abbia scritto, « presto non ne rimarrà più nulla. »

Se è vero quanto ha recentemente concluso Hind dalle sue investigazioni, che la cometa osservata in Europa ed in China nell'anno 1366 sia identica alla cometa scoperta da Tempel cinquecento anni dopo, cioè alla madre delle Leonidi, avremmo un esempio illustre della progressiva diminuzione delle comete. Infatti la cometa di Tempel del 1866 fu sempre telescopica, mentre quella del 1366 è descritta dagli annali chinesi come « della grandezza

d'uno staio (1) » e di colore simile « a quello di un pugno di farina » e fu veduta, non occorre dirlo, ad occhio nudo. Tuttavia siccome in questa apparizione la cometa è passata a grandissima prossimità della Terra, la visibilità della cometa per gli osservatori del 1366 non sarebbe una prova molto stringente. Ma il signor Hind è d' opinione che la cometa di Tempel sia stata veduta anche nell'anno 868. Di una cometa veduta nel 868 fanno breve menzione gli annali chinesi, e più diffusamente parlano varie cronache dell' Occidente. Se supponiamo che essa sia identica alla cometa di Tempel, dobbiamo conchiudere che abbia perduto da 1000 anni in qua una parte notabile del suo splendore: perchè secondo Hind la sua distanza dalla Terra nell'apparizione dell'868 avrebbe dovuto esser molto maggiore che nel 1366 e nel 1866: e malgrado questa maggiore distanza la cometa fu avvertita dagli osservatori di quel tempo.

Per ciò che riguarda la supposta distruzione dalla cometa di Biela, si deve ritenere per cosa possibile, sebbene sia lontana dall'esser provata: anzi dico, che non è perduta ogni speranza di rivedere un giorno almeno l'uno o l'altro dei capi. E la ragione di tale speranza sta in questo: che

(1) Williams, *Chinese Observations of Comets*, London, 1871.

invisibilità qui non significa necessariamente distruzione o non-esistenza. Riandando infatti la storia della cometa nelle due apparizioni del 1846 e del 1852 si trova il fatto singolarissimo, che i capi della cometa subirono tali fluttuazioni di luce, da rendersi qualche volta invisibili ai telescopi di minor potenza. Ciò significa, che nell'interno di quei due corpi vi erano cause intrinseche capaci di aumentarne o di diminuirne l'intensità luminosa. Di simili fluttuazioni di luce molte altre comete hanno offerto evidentissimi esempi: tra i quali recente affatto è quello della II^a cometa del 1871, scoperta dal signor Tempel. Questa cometa diventò al tutto invisibile nel mese di Settembre, sebbene allora si trovasse in posizione e condizioni eccellenti per essere osservata. Al contrario altre comete, che erano già scomparse, e di cui nessuno più sperava fare osservazioni, subitamente rifulsero dopo una quasi totale estinzione della loro luce; il che avvenne per la grande cometa del 1811, e nel 1866 per la cometa periodica di Faye. Chi potrà dunque assicurare, che a simili casi o ad altri di natura ancora più spiccata non sia soggetta anche la cometa di Biela?

Ma dato pure, che dal 1852 in qua la cometa sia andata dispersa, fallace al tutto sarebbe inferirne la congettura, che dai suoi recenti fragmenti

fosse costituita la grande pioggia meteorica del 27 Novembre 1872. Ciò si potrebbe veramente credere, se la cometa in quel giorno si fosse proprio trovata nel luogo dove passava la Terra, e fosse stata dalla Terra attraversata in pieno, come alcuno pensò. Ma il professore Michez di Bologna, successore e continuatore di Santini nel difficile computo delle perturbazioni di questa cometa ha dedotto dei suoi calcoli, che nel giorno 27 Novembre la cometa aveva già passato quel punto critico dell'incontro colla Terra da circa *tre mesi* e che il 27 Novembre poteva trovarsi distante da noi ben forse 100 milioni di miglia!

Se, come è da creder ad ogni modo, la cometa fa parte della corrente del 27 Novembre, è chiaro che in quel giorno la corrente dovea occupare sull'orbita almeno tutto lo spazio compreso fra la cometa e noi, esser quindi lunga almeno 100 milioni di miglia, ed impiegare almeno tre mesi a passare per un dato punto parte per parte. Una corrente già così lunga non può agevolmente credersi prodotto di pochi anni: essa richiede (per quanto la presente esperienza può farci intendere) almeno *secoli* per occupare tanta estensione. Se per esempio si cerca quanto tempo impiegherebbero i due capi della cometa di Biela, per trovarsi a tre mesi d'intervallo l'uno dall'altro sulla loro or-

bita, dal calcolo esposto in principio di questa lettura si dedurrà facilmente che occorrono per questo 120 rivoluzioni della cometa, cioè quasi 800 anni.

Se poi si riflette, che altre pioggie meteoriche osservate nel 1798, nel 1830, nel 1838, nel 1841, nel 1847, nel 1859, e nel 1867 con maggiore o minor probabilità si possono riferire anche alla cometa di Biela; che vi hanno indizii, che la corrente sia multipla, cioè consti di parecchie spire, come una matassa di filo a più giri: si comprenderà che il problema è assai meno semplice, di quello che paia a prima giunta: che la corrente di Biela non è una formazione tanto recente; e che il pronunziare temerariamente su questa e su altre consimili questioni non può per ora produr altro frutto, che una maggior incertezza e confusione d'idee in un argomento già per sè così difficile e così oscuro.

FINE.

INDICE

LETTURA PRIMA.

LETTURA SECONDA.

LETTURA TERZA.

Schiaparelli Stelle Cadenti

1862 III, Perseidi

N$_{III}$

N$_{I}$

N$_{II}$

N$_{I}$

C

Nettuno

Urano

Saturno

Giove

S

1861 I, 20 Aprile

Biela

Leonidi, 1866 I

PREZZO DEL PRESENTE VOLUME: **L. 1: 50.**